

লাল - সরুজে
দাগানো
TEXT BOOK



উত্তিদি বিজ্ঞান

New Edition



উমেষ

মেডিকেল এন্ড ডেন্টাল এডমিশন কেয়ার

পর্যবেক্ষণ : আয়োডিন দ্রবণ থেকে উঠিয়ে আনলে দেখা যাবে পাতার যে অংশ ছিপির বাইরে ছিল সে অংশ নীল/ গাঢ় বেগুনি/ কালো বর্ণ ধারণ করেছে আর যে অংশ বোতলের ভেতরে ছিল তা হলুদ বা পিঙ্গল বর্ণপ্রাণী হয়েছে।

ফ্লাফল বিশ্লেষণ : পাতার বোতলের ভেতরের অংশ নীল/ গাঢ় বেগুনি/ কালো হয়নি, কারণ সে অংশে শ্বেতসার ছিল না অর্থাৎ শ্বেতসার তৈরি হয়নি। ভেসেলিন দ্বারা বোতলটিকে বায়ুরোধক করাতে বাইরে থেকে বোতলের ভেতরে বাতাস তথা CO_2 প্রবেশ করতে পারেনি, আবার বোতলের ভেতরকার বাতাসেও CO_2 ছিল না, কারণ বোতলের ভেতরকার কস্টিক পটাশ দ্রবণ পূর্বেই তা শোষণ করে নিয়েছে।

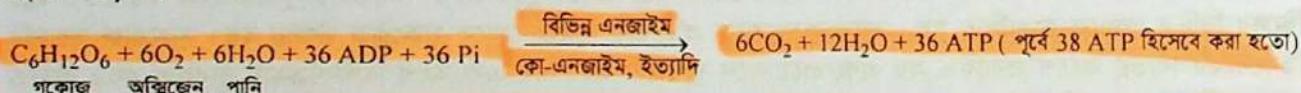
চূড়ান্ত সিদ্ধান্ত : বোতলের ভেতরে পাতার অংশ সূর্যালোক, পানি ও O_2 পেয়েছে, কেবল CO_2 পায়নি। কাজেই পাতার বোতলের ভেতরকার অংশে শ্বেতসার তৈরি না হওয়ার কারণ CO_2 এর অনুপস্থিতি, অর্থাৎ সালোকসংশ্লেষণের জন্য CO_2 অপরিহার্য।

৯.৪ : শ্বসন (Respiration)

[ল্যাটিন *Respirare*, = to breathe, শ্বাস নেয়া]

সকল সজীব উভিদকোষে (এবং সকল সজীব প্রাণিকোষে) প্রতিনিয়ত অব্যাহতভাবে বিভিন্ন রাসায়নিক ক্রিয়া-বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। এসব ক্রিয়া-বিক্রিয়ার জন্য চাই শক্তি। আর এ শক্তির উৎস হলো কোষস্থ কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন, লিপিড ইত্যাদি রাসায়নিক পদার্থ। এর মধ্যে কার্বোহাইড্রেটই হলো শক্তির প্রধান উৎস। স্টার্চ, সুকরোজ বা গুকোজ-এ যে ছির শক্তি জমা থাকে তা একই সাথে সবটুকু মুক্ত হয় না, বরং বিভিন্ন এনজাইম কর্তৃক নিয়ন্ত্রিত কতিপয় পর্যায়ক্রমিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে ক্রমান্বয়ে মুক্ত হয়। এসব রাসায়নিক পদার্থের ছিরশক্তি কর্মক্ষম গতিশক্তি হিসেবে মুক্ত করতে কোষে যেসব পর্যায়ক্রমিক জারণ-বিজ্ঞান বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এদেরকে সামগ্রিকভাবে একসাথে শ্বসন নামে অভিহিত করা হয়। কাজেই শ্বসন হলো শক্তি নির্গমনকারী কতিপয় জারণ-বিজ্ঞান বিক্রিয়ার সমষ্টি। শক্তি উৎপাদনকালে জটিল খাদ্যদ্রব্য সরল দ্রব্যে পরিণত হয়।

যে জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় জীবকোষস্থ জটিল জৈবযৌগ (খাদ্যবস্তু) জারিত হয়, ফলে জৈবযৌগে সম্প্রতি ছিতিশক্তি ক্রপান্তরিত হয়ে গতিশক্তি বা রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত হয়, তাকে শ্বসন বলে। শ্বসনের ফলে যে শক্তি নির্গত হয় তা জীবের বিভিন্ন শক্তি শোষণকারী কার্যকলাপে ব্যয় হয়। গুকোজকে প্রাথমিক শ্বসনিক বস্তু ধরলে শ্বসনের রাসায়নিক সংকেত নিম্নরূপ দাঢ়ায়।



ছিতিশক্তি ও গতিশক্তি : যে শক্তি সম্প্রতি অবস্থায় আবদ্ধ হয়ে আছে (যেমন-খাদ্যদ্রব্যে) তা হলো ছিতিশক্তি। যে শক্তি কর্মক্ষম ও গতিময় (যেমন-ATP) তা হলো গতিশক্তি।

শ্বসন অঙ্গ : উভিদের প্রতিটি জীবত কোষেই দিন-রাতি ২৪ ঘণ্টা শ্বসনকার্য চলতে থাকে। কোষীয় সাইটোপ্লাজম ও মাইটোকন্ড্রিয়া শ্বসন ক্রিয়ার প্রধান অঙ্গ (মাইটোকন্ড্রিয়া সমূহে প্রথম অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে)।

শ্বসনিক বস্তু : শ্বসন প্রক্রিয়ায় যে যৌগিক বস্তুসমূহ জারিত হয়ে সরল বস্তুতে পরিণত হয় সেসব বস্তুকে শ্বসনিক বস্তু বলে। কার্বোহাইড্রেট (শর্করা), প্রোটিন (আমিষ), চর্বি এবং জৈবিক অ্যাসিডসমূহ শ্বসনিক বস্তু হিসেবে ব্যবহৃত হয়। সূর্যালোকের আলোকশক্তি ই এসব বস্তুতে রাসায়নিক ছিরশক্তি হিসেবে জমা থাকে এবং শ্বসনের ফলে ছিরশক্তি গতিশক্তি হিসেবে নির্গত হয়। কাজেই সূর্যালোকশক্তি সকল শক্তির মূল উৎস।

ATP-কোষে শক্তির উৎস।

ATP তৈরি : $\text{ADP} + \text{Pi} = \text{ATP}$, ATP তৈরির জন্যও শক্তির প্রয়োজন হয়। এই বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি আসে জৈবযৌগ ভাসনের মাধ্যমে। ATP কখনও এক কোষ থেকে অন্যকোষে ছানান্তরিত হতে পারে না, অথবা সকল কোষের জন্যই নিরবচ্ছিন্ন ATP সরবরাহ প্রয়োজন। এ কারণে প্রতিটি সজীব কোষেই শ্বসনের প্রয়োজন হয় যাতে করে প্রতিটি কোষের অভ্যন্তরে জীবনের সকল প্রয়োজনীয় কার্যক্রম পরিচালিত হতে পারে। তাই এই প্রকার শ্বসনের নাম কোষীয় শ্বসন (Cellular respiration)।

তিনটি কারণে কোষের শক্তির প্রয়োজন হয় :

- ১। বড় জৈব অণু, যেমন DNA, RNA, প্রোটিন ইত্যাদি সংশ্লেষণ করা।
- ২। সক্রিয় ট্রান্সপোর্ট প্রক্রিয়ায় জৈব অণু বা আয়ন মেট্রোনের মধ্যদিয়ে আদান-প্রদান করা।
- ৩। কোষের অভ্যন্তরে বস্তুসমূহকে (যেমন—ক্রোমোসোম, পেশিকোষে প্রোটিন তন্তু) এদিক-ওদিক পরিচালনা করা।

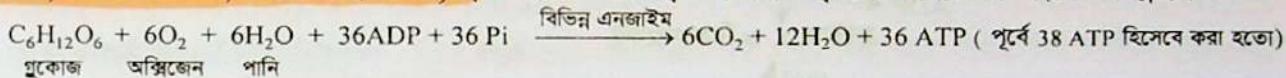
কোষের ভেতরে যখন ATP ব্যবহৃত হয় তখন এর সবটুকুই তাপ হিসেবে রূপান্তরিত হয়। তাপ শক্তি কোষকে গরম রাখতে প্রয়োজন হলেও কোষের কোনো কার্যক্রমে পুনঃব্যবহৃত হতে পারে না। তাই শেষ পর্যন্ত পরিবেশে হারিয়ে যায়।

শ্বসনের প্রকারভেদ : অক্সিজেনের প্রয়োজনীয়তার উপর নির্ভর করে শ্বসন প্রক্রিয়াকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়; যথা :
 (ক) স্বাত শ্বসন (Aerobic respiration) এবং (খ) অবাত শ্বসন (Anaerobic respiration)। যে শ্বসন ক্রিয়ার জন্য মুক্ত অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়, তাকে স্বাত শ্বসন বলে এবং যে শ্বসন ক্রিয়া মুক্ত অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে সংঘটিত হয়, তাকে অবাত শ্বসন বলে।

স্বাত শ্বসনে অক্সিজেন শ্বসনিক বস্তুকে সম্পূর্ণ জারিত করে এবং অধিক পরিমাণে শক্তি উৎপন্ন করে। অবাত শ্বসনে কোমছ কতিপয় এনজাইম শ্বসনিক বস্তুকে আংশিক জারিত করে এবং স্বল্প শক্তি উৎপন্ন করে।

(ক) স্বাত শ্বসন (Aerobic Respiration)

যে শ্বসন প্রক্রিয়ায় মুক্ত অক্সিজেনের প্রয়োজন হয় এবং শ্বসনিক বস্তু সম্পূর্ণভাবে জারিত হয়ে CO_2 , H_2O ও বিপুল পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন করে তাকে স্বাত শ্বসন বলে। অক্সিজেনের উপস্থিতি অর্থাৎ বায়ুর উপস্থিতির প্রয়োজন হয় বলে এ প্রকার শ্বসনের নাম বাংলা ভাষায় করা হয়েছে স্বাত (বাতাসসহ) শ্বসন। অধিকাংশ জীব-এর (বহু ব্যাকটেরিয়া, অধিকাংশ ছত্রাক, সকল প্রোটিস্ট, উচ্চিদ এবং প্রাণী) শ্বসন হলো স্বাত শ্বসন। স্বাত শ্বসনের রাসায়নিক সংকেত নিম্নরূপ :



স্বাত শ্বসন প্রক্রিয়ার ধাপ বা পর্যায়সমূহ

স্বাত শ্বসন একটি ধারাবাহিক প্রক্রিয়া হলেও বিক্রিয়ার ছান ও কাজের ধারা অনুযায়ী একে একাধিক ধারাবাহিক ধাপ বা পর্যায়ে ভাগ করা হয়ে থাকে। ধাপগুলো হলো নিম্নরূপ :

১। প্রথম ধাপ : গ্লাইকোলাইসিস (Glycolysis) : ছান- কোষের **সাইটোপ্লাজম** DAT: 20-21

যে প্রক্রিয়ায় এক অণু গুকোজ বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জারিত হয়ে দুই অণু পাইক্রভিক অ্যাসিডে পরিণত হয়, তাকে গ্লাইকোলাইসিস (গ্রিক Glyko=Sugar এবং lysis = splitting) বলে। এ প্রক্রিয়ার জন্য কোনো অক্সিজেনের প্রয়োজন পড়ে না। **গ্লাইকোলাইসিস স্বাত ও অবাত উভয় প্রকার শ্বসনেরই প্রথম বা অভিন্ন ধাপ।** [**গ্লাইকোলাইসিসকে EMP MAT: 11-12** (এই প্রক্রিয়ার প্রতিষ্ঠাতা তিনজন বিজ্ঞানী Embden, Meyerhof and Parnas এর নাম অনুযায়ী) পাথওয়ে, শ্বসনের সাধারণ গতিপথ বা সাইটোপ্লাজমীয় শ্বসনও বলা হয়। উচ্চিদে সঁজিত শ্বেতসার প্রথমে বিভিন্ন এনজাইমের সাহায্যে জারিত হয়ে গুকোজ-এ পরিণত হয় এবং গুকোজ গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার প্রথম বষ্টি হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এই ধাপের সব এনজাইম দ্রবণীয়।]

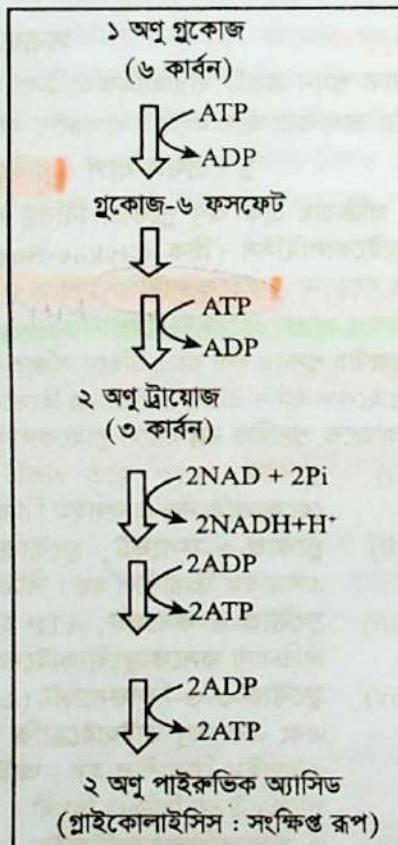
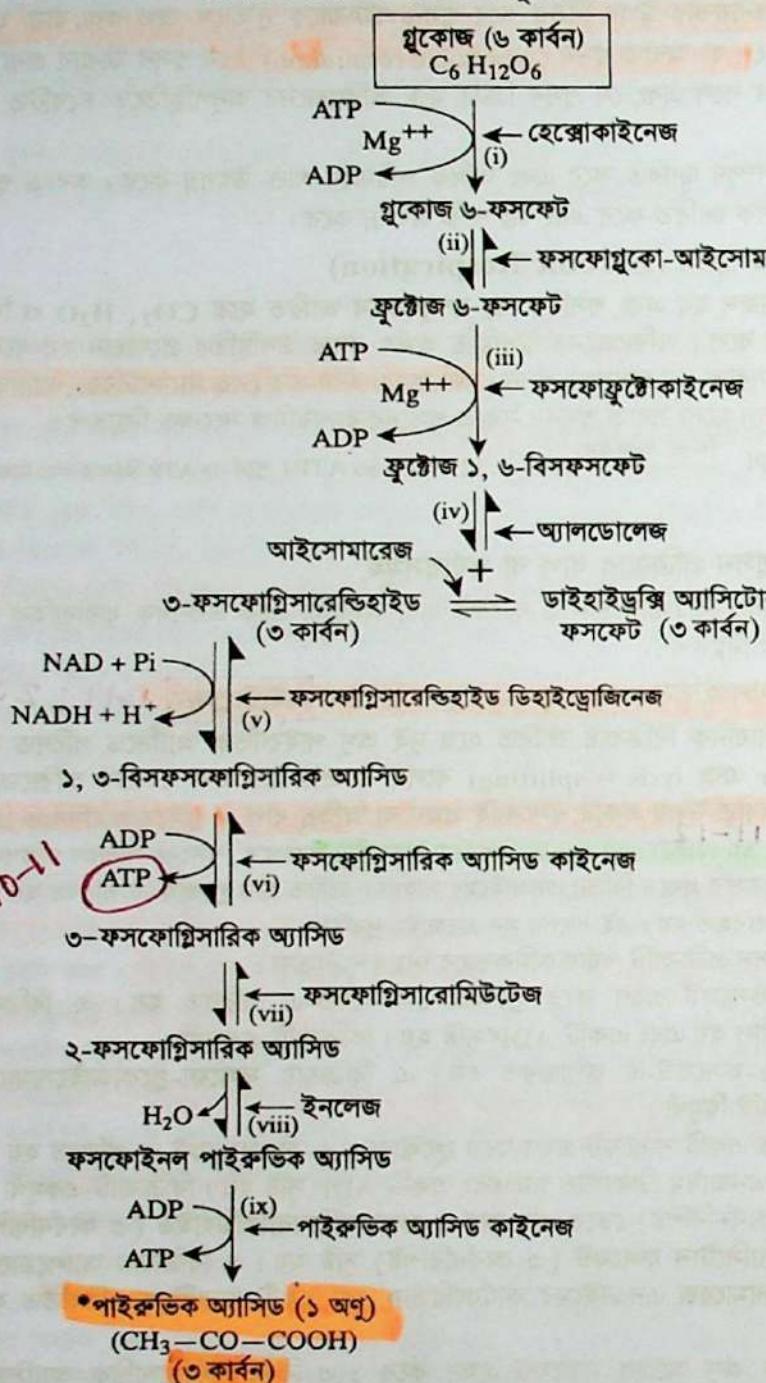
গুকোজকে শ্বসনিক বষ্টি ধরলে গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়াটি পর্যায়ক্রমিকভাবে নিম্নরূপ দাঁড়ায় :

- (i) গুকোজ, ATP হতে একটি ফসফেট গ্রহণ করে গুকোজ-6-ফসফেট-এ পরিণত হয়। এ বিক্রিয়ায় হেঝোকাইনেজ এনজাইম ক্রিয়াশীল হয় এবং একটি ADP সৃষ্টি হয়। বিক্রিয়াটি একমুখী।
- (ii) গুকোজ-6-ফসফেট, ফুকোজ-6-ফসফেট-এ রূপান্তরিত হয়। এ বিক্রিয়ায় ফসফো-গুকোআইসোমারেজ এনজাইম ক্রিয়াশীল হয়। বিক্রিয়াটি দ্বিমুখী।
- (iii) ফুকোজ-6-ফসফেট, ATP হতে একটি ফসফেট গ্রহণ করে ফুকোজ-1,6-বিসফসফেট-এ পরিণত হয়। এ বিক্রিয়ায় ফসফোফুকোকাইনেজ এনজাইম ক্রিয়াশীল হয় এবং একটি ADP সৃষ্টি হয়। বিক্রিয়াটি একমুখী।
- (iv) ফুকোজ-1-6-বিসফসফেট (৬ কার্বনবিশিষ্ট) ভেঙে এক অণু ৩-ফসফোগ্লিসার্যালডিহাইড (৩ কার্বনবিশিষ্ট) এবং এক অণু ডাইহাইড্রোক্সি অ্যাসিটোন ফসফেট (৩ কার্বনবিশিষ্ট) সৃষ্টি হয়। এ বিক্রিয়ায় অ্যালডোজেজ এনজাইম ক্রিয়াশীল হয়। আইসোমারেজ এনজাইমের কার্যকারিতায় এরা একটি অন্যটিতে পরিবর্তিত হতে পারে। উভয় বিক্রিয়া দ্বিমুখী।
- (v) ৩-ফসফোগ্লিসার্যালডিহাইড এক অণু অজৈব ফসফেট গ্রহণ করে ১,৩-বিসফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড-এ পরিণত হয়। এ বিক্রিয়ায় ফসফোগ্লিসার্যালডিহাইড ডিহাইড্রোজিনেজ এনজাইম ক্রিয়াশীল হয়, অজৈব ফসফেট ও NAD $\text{NADH} + \text{H}^+$ সৃষ্টি হয়। বিক্রিয়াটি দ্বিমুখী।

সুকরোজ হলো উচ্চিদে প্রধান ট্রান্সলোকেটেড গ্রাগার, তাই সুকরোজকেই উচ্চিদে শ্বসনিক বষ্টি হিসেবে ধরা উচিত, গুকোজকে নয়।

HSC পর্যায়ের জন্য বিষয়টি অপেক্ষাকৃত জটিল বলে গুকোজকে শ্বসনিক বষ্টি ধরে গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়াটি দেখানো হলো।

গ্লুকোজকে শ্বসনিক বস্তু ধরে
গ্রাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার পূর্ণাঙ্গ ছক



চিত্র ৯.৩১ : গ্রাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার ছক।

*কোধের অভ্যন্তরে যে pH থাকে তাকে পাইরুভিক আয়াসিড H^+ আয়ন এবং পাইরুভেট আয়ন হিসেবে অবস্থান করে, তাই পাইরুভিক আয়াসিড না বলে বর্তমানে পাইরুভেট বলা হয়। একটি ট্রায়োজ হতে পাইরুভিক আয়াসিড উৎপাদন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে, অপরটি দেখানো হয় নাই।

- (vi) ১,৩-বিসফেনোগ্লিসারিক অ্যাসিড, ফসফেট হারিয়ে ৩-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড-এ পরিণত হয়। এ বিক্রিয়ায় ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড কাইনেজ এনজাইম ক্রিয়াশীল হয় এবং ADP হতে একটি ATP তৈরি হয়। বিক্রিয়াটি দিমুখী।
- (vii) ৩-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড, ফসফোগ্লিসারোমিউটেজ এনজাইমের কার্যকারিতায়, ২-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড-এ পরিণত হয়। বিক্রিয়াটি দিমুখী।
- (viii) ২-ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড, ইনলেজ এনজাইমের কার্যকারিতায়, ফসফোইনল পাইরুভিক অ্যাসিড-এ পরিণত হয়। বিক্রিয়াটি দিমুখী। এখানে এক অণু পানি বের হয়ে যায়।
- (ix) ফসফোইনল পাইরুভিক অ্যাসিড, পাইরুভিক অ্যাসিড কাইনেজ এনজাইমের কার্যকারিতায়, পাইরুভিক অ্যাসিড-এ পরিণত হয়। এ বিক্রিয়ায় ADP হতে একটি ATP তৈরি হয়। গ্লুকোজ হতে পাইরুভিক অ্যাসিড সৃষ্টির মাধ্যমেই গ্রাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার সমাপ্তি ঘটে। বিক্রিয়াটি একমুখী।

গ্রাইকোলাইসিস বিক্রিয়ার ৯টি বিক্রিয়ার মধ্যে ১ম, ৩য় এবং শেষ-এই ৩টি বিক্রিয়া একমুখী, অন্যসবগুলো দিমুখী।

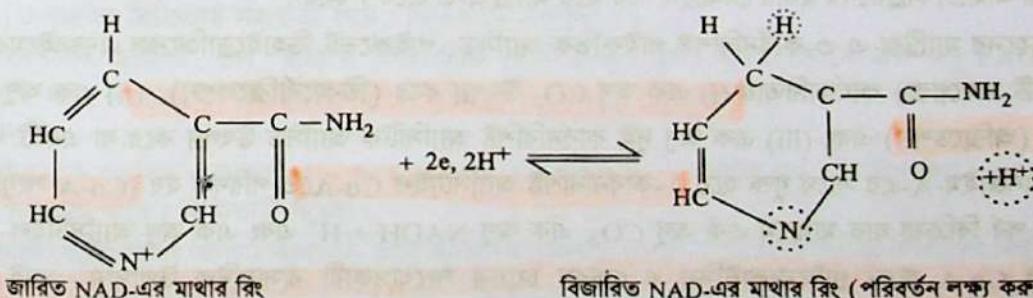
গ্রাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ায় উৎপাদন : ATP (দুই অণু), NADH + H⁺ (দুই অণু) এবং পাইরুভিক অ্যাসিড (দুই অণু)।

ATP ও NADH + H⁺ হলো শক্তি অণু।

গ্লুকোজ হতে ফুটোজ-১, ৬-বিসফেনেট হওয়া পর্যন্ত দুই অণু ATP খরচ হয় এবং এর পরবর্তী পর্যায়ে প্রত্যেক ট্রায়োজ (৩-কার্বনবিশিষ্ট গ্লি�সারিনেটিডহাইড এবং ডাইহাইড্রোক্সি অ্যাসিটেন) হতে পাইরুভিক অ্যাসিড হওয়া পর্যন্ত দুই অণু ATP এবং এক অণু NADH + H⁺ উৎপন্ন হয় অর্থাৎ দু অণু ট্রায়োজ হতে মোট চারটি ATP এবং দুটি NADH + H⁺ উৎপন্ন হয়। কাজেই দেখা যায় তৈরিকৃত ৪ অণু ATP হতে প্রথমে ব্যবহৃত দুই অণু ATP বাদ দিলে গ্রাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ায় নিট দুটি ATP ও দুটি NADH + H⁺ জমা হয়। গ্রাইকোলাইসিসের বিক্রিয়াগুলো কোষের সাইটোপ্লাজমে ঘটে থাকে। এর সবকটি এনজাইম দ্রবণীয়।

NADH₂ না লিখে NADH + H⁺ লেখা হয় কেন? কারণ NAD⁺ কে বিজ্ঞারণের জন্য, বিজ্ঞারণ অণু ২টি হাইড্রোজেন এটম (2e⁻ + 2H⁺) প্রদান করে থাকে। NAD⁺ অণুর মাথার রিং স্ট্রাকচার ২টি ইলেক্ট্রন (2e⁻) এবং ১টি প্রোটন (H⁺) গ্রহণ করে, অপর প্রোটন (H⁺) পৃথকভাবে সাইটোসোলে মুক্ত অবস্থায় থাকে। তাই বিজ্ঞারিত NAD⁺ কে NADH₂-এভাবে প্রকাশ না করে, NADH + H⁺-এভাবে প্রকাশ করা হয়।

একই কারণে NADP⁺ কে বিজ্ঞারিত অবস্থায় NADPH + H⁺ হিসেবে প্রকাশ করা হয়।



গ্রাইকোলাইসিস-এর নিয়ন্ত্রণ

- ১। গ্রাইকোলাইসিস ত্বরান্বিত হয় ATP-এর ব্যবহার দ্রুত হলে, ATP-এর ব্যবহার হ্রাস পেলে প্রক্রিয়ার হার কমে যায়।
- ২। গ্লুকোজ-এর প্রাপ্তি তথা সরবরাহের পরিমাণ এ প্রক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করে।

৩। অ্যালোস্টেরিক এনজাইম 'ফসফোফ্রুটোকাইনেজ' যা ফ্রুটোজ ৬-ফসফেট থেকে ফ্রুটোজ ১, ৬, বিসফসফেট তৈরি করতে সহায়তা করে, তার গতিময়তার উপর গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়া বহুলাংশে নির্ভরশীল। ATP দ্বারা এর কাজ বাধাহাত্ত হয় এবং ADP দ্বারা উদ্বৃত্ত হয়।

গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার শুরুত্ব : গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়া বিপাক ক্রিয়ার এক শুরুত্বপূর্ণ ধাপ। (১) গ্লুকোজ থেকে পাইরুভিক অ্যাসিড পর্যন্ত সৃষ্টি বিভিন্ন উপাদান বিভিন্ন উপচিতিমূলক পথে বেশ কিছু সংখ্যক কোষীয় উপাদান সৃষ্টি করে। (২) গ্লুকোজ থেকে পাইরুভিক অ্যাসিড পর্যন্ত পৌছাতে যে ATP বা NADH + H⁺ পাওয়া যায় তা মোট সুপ্রশংসন্ত মাত্র ১৭%। মাত্র ৩% শক্তি তাপশক্তি হিসেবে বেরিয়ে যায় এবং প্রায় ৮০% শক্তি পাইরুভিক অ্যাসিডের মধ্যে তথনও জমা থাকে। (৩) পাইরুভিক অ্যাসিড সৃষ্টিই এই প্রক্রিয়ার মুখ্য বিষয়। পাইরুভিক অ্যাসিড সৃষ্টি না হলে শুসন ক্রিয়া বন্ধ হয়ে যাবে। শুসন বন্ধ হলে জীবজগৎ ধৰ্মস হয়ে যাবে।

গ্লুকোনিওজেনেসিস (Gluconeogenesis) : গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার উল্টো পথে গ্লুকোজ তৈরি হওয়াকে বলা হয় গ্লুকোনিওজেনেসিস। এটি প্রাণীর চেয়ে উদ্ভিদে কম হয়, তবে রেড়ি বীজ, সূর্যমূলী বীজ ইত্যাদিতে জমাকৃত তেল গ্লুকোনিওজেনেসিস প্রক্রিয়ায় সুকরোজ বা গ্লুকোজ-এ পরিণত হয় যা পরবর্তীতে বীজ থেকে অঙ্কুরিত চারার বৃদ্ধিতে সহায়ক হয়।

গ্লাইকোলাইসিস ও ফটোলাইসিস এর মধ্যে পার্থক্য

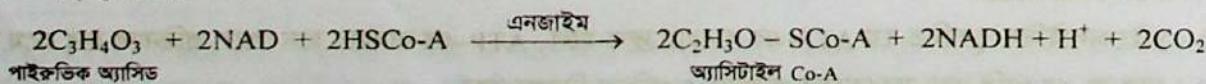
পার্থক্যের বিষয়	গ্লাইকোলাইসিস	ফটোলাইসিস
১. সংঘটনের প্রক্রিয়া	শুসনকালে ঘটে।	সালোকসংশ্লেষণকালে ঘটে।
২. সংঘটনের ছান	কোষের সাইটোপ্লাজমে সম্পন্ন হয়।	ক্লোরোপ্লাস্টের গ্রানাম অঞ্চলে সম্পন্ন হয়।
৩. আলো	সূর্যালোকের প্রয়োজন হয় না	সূর্যালোকের প্রয়োজন হয়।
৪. উৎপন্ন দ্রব্য	এ প্রক্রিয়ায় গ্লুকোজ থেকে পাইরুভিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।	এ প্রক্রিয়ায় পানি থেকে ইলেকট্রন, প্রোটন ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।
৫. প্রক্রিয়ার নাম	এ প্রক্রিয়াকে EMP পথ বলে।	এ প্রক্রিয়াটি হিল বিক্রিয়া তুল্য।

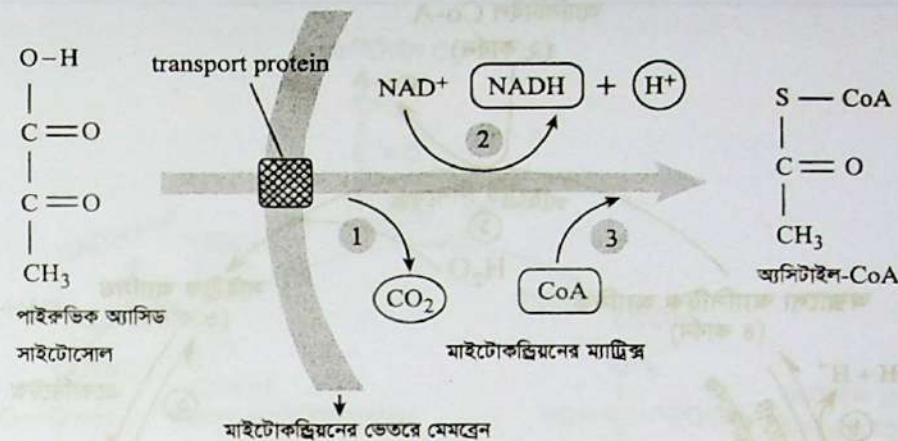
২। দ্বিতীয় ধাপ : পাইরুভিক অ্যাসিডের অক্সিডেশন : ছান-মাইটোকন্ড্রিয়নের ম্যাট্রিক্স

পাইরুভিক অ্যাসিডের মাইটোকন্ড্রিয়নের ম্যাট্রিক্স-এ প্রবেশ : পাইরুভিক অ্যাসিড তৈরি হয় কোষের সাইটোপ্লাজমে এবং সাইটোপ্লাজম থেকে সরাসরি ছিদ্রপথে মাইটোকন্ড্রিয়নের বাইরের মেম্ব্রেন পার হয়। পরে ট্রান্সপোর্টারের মাধ্যমে, OH⁻ আয়নের বিনিময়ে মাইটোকন্ড্রিয়নের ইনার মেম্ব্রেন পার হয়ে ম্যাট্রিক্স-এ প্রবেশ করে।

মাইটোকন্ড্রিয়নের ম্যাট্রিক্স-এ ৩-কার্বনবিশিষ্ট পাইরুভিক অ্যাসিড, পাইরুভেট ডিহাইড্রেজিনেজ এনজাইমের (একাধিক এনজাইমের একটি কমপ্লেক্স) কার্যকারিতায় (i) এক অণু CO₂ উৎপন্ন করে (ডিকার্বোক্সিলেশন), (ii) এক অণু NADH + H⁺ উৎপন্ন করে (অক্সিডেশন) এবং (iii) এক অণু দুই কার্বনবিশিষ্ট অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে যা একটি থায়োএস্টার বন্ধন দ্বারা কো-এনজাইম-A-এর সাথে যুক্ত হয়ে ২-কার্বনবিশিষ্ট অ্যাসিটাইল Co-A-তে পরিণত হয় (Co-A সংযুক্তিকরণ)। এটি একটি তিন পর্ব বিক্রিয়া যার মাধ্যমে এক অণু CO₂, এক অণু NADH + H⁺ এবং এক অণু অ্যাসিটাইল Co-A সৃষ্টি হয়। অ্যাসিটাইল Co-A হলো গ্লাইকোলাইসিস ও ক্রেবস চক্রের সংযোগকারী রাসায়নিক উপাদান। তাই পাইরুভিক অ্যাসিড থেকে অ্যাসিটাইল Co-A উৎপাদনকারী বিক্রিয়াকে Link Reaction (সংযোগ বিক্রিয়া) বলে।

প্রতি অণু গ্লুকোজের জন্য :





চিত্র ৯.৩২: পাইরিভিক অ্যাসিডের মাইটোকন্ড্রিয়নের ভেতরে প্রবেশ ও অ্যাসিটাইল Co-A সৃষ্টি।

MAT: 12-13
DAT: 20-21

৩। তৃতীয় ধাপ : সাইট্রিক অ্যাসিড চক্র বা ক্রেবস চক্র : স্থান - [মাইটোকন্ড্রিয়নের ম্যাট্রিক্স] MAT: 20-21

যে চক্রপথে **অ্যাসিটাইল CoA** অঙ্গালো অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সাথে যুক্ত হয়ে CO₂, শক্তি অণু (ATP, FADH₂, NADH⁺ + H⁺) উৎপন্ন করে এবং অঙ্গালো অ্যাসিটিক অ্যাসিড পুনঃউৎপাদিত হয় সেটি হলো ক্রেবস চক্র।

১। অ্যাসিটাইল Co-A, ম্যাট্রিক্স-এ অবস্থানরত চার কার্বনবিশিষ্ট অঙ্গালো অ্যাসিটিক অ্যাসিড-এর সাথে যুক্ত হয়ে ৬-কার্বনবিশিষ্ট সাইট্রিক অ্যাসিড সৃষ্টি করে এবং Co-A পৃথক হয়ে যায়। সাইট্রেট সিনথেজ এনজাইম বিক্রিয়ায় সহায়তা করে। বিক্রিয়াটি একমুখী। ম্যাট্রিক্স-এ স্থায়ী অবস্থানের কারণে অঙ্গালো অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে আবাসিক অণু বলা হয়। এ চক্রে প্রথম উৎপন্ন পদার্থ সাইট্রিক অ্যাসিড বলে এ চক্রকে সাইট্রিক অ্যাসিড চক্র বলা হয়।

২। সাইট্রিক অ্যাসিড আইসোমারিক পরিবর্তনে আইসোসাইট্রিক অ্যাসিড-এ পরিণত হয়। একোনিটেজ (aconitase) এনজাইম এ বিক্রিয়ায় সহায়তা করে। বিক্রিয়াটি দ্বিমুখী।

৩। আইসোসাইট্রিক অ্যাসিড CO₂ ও 2H⁺ হারিয়ে আলফা কিটোগুটারিক অ্যাসিড-এ পরিণত হয়। এক অণু NAD হতে এক অণু NADH + H⁺ এবং এক অণু CO₂ সৃষ্টি হয়। আইসোসাইট্রেট ডিহাইড্রোজিনেজ (isocitrate dehydrogenase) এনজাইম এ বিক্রিয়ায় সহায়তা করে। বিক্রিয়াটি একমুখী।

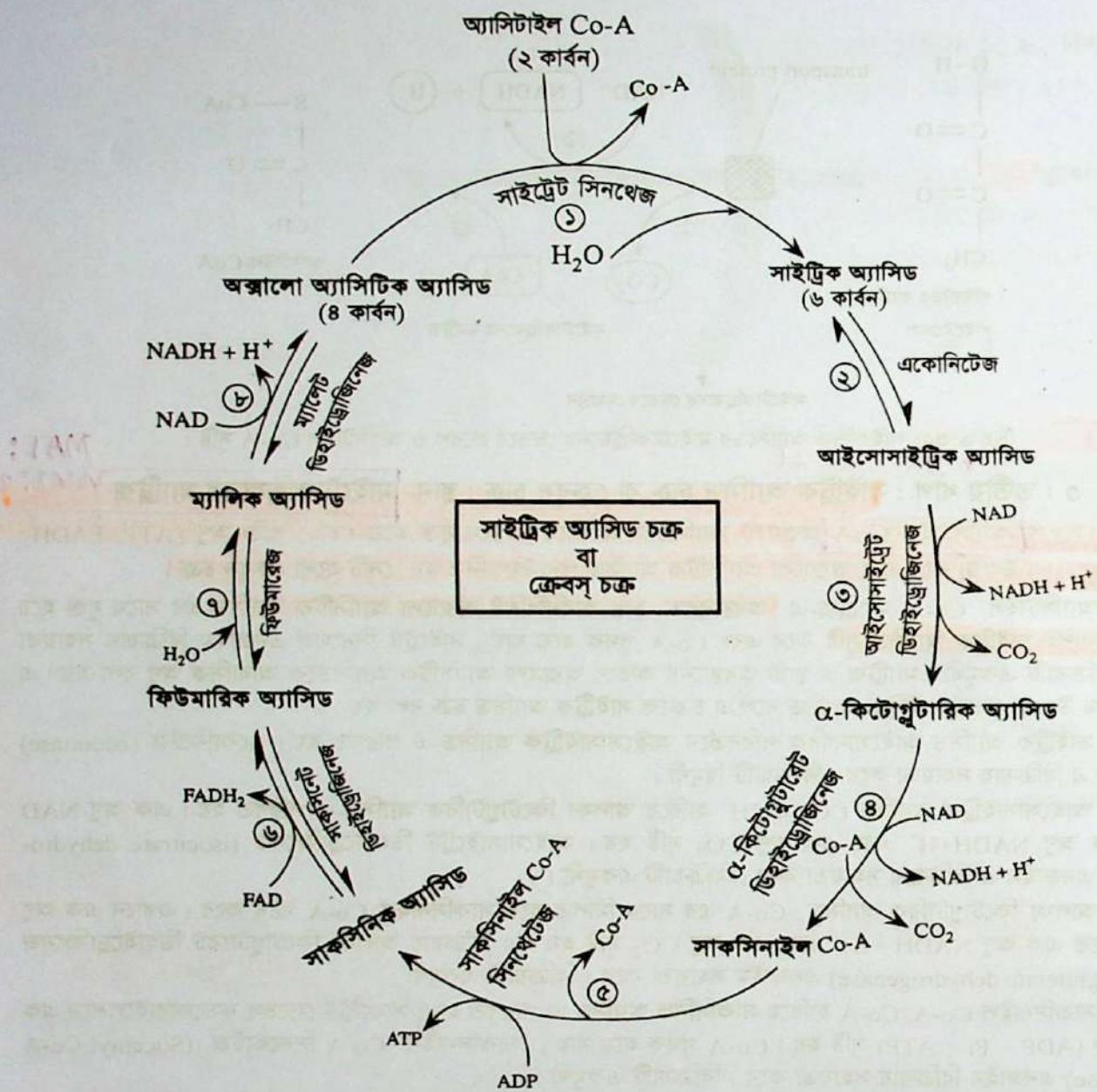
৪। আলফা কিটোগুটারিক অ্যাসিড, Co-A এর সাথে মিলিত হয়ে সাকসিনাইল Co-A গঠন করে। এখানে এক অণু NAD হতে এক অণু NADH + H⁺ এবং এক অণু CO₂ সৃষ্টি হয়। এ বিক্রিয়ায় আলফা কিটোগুটারেট ডিহাইড্রোজিনেজ (α -ketoglutarate dehydrogenase) এনজাইম সহায়তা করে। বিক্রিয়াটি একমুখী।

৫। সাকসিনাইল Co-A, Co-A হারিয়ে সাকসিনিক অ্যাসিড-এ পরিণত হয়। সাবস্ট্রেট লেভেল ফসফোরাইলেশনে এক অণু ATP (ADP + Pi = ATP) সৃষ্টি হয়। Co-A পৃথক হয়ে যায়। সাকসিনাইল Co-A সিনথেটেজ (Succinyl Co-A synthetase) এনজাইম বিক্রিয়ায় সহায়তা করে। বিক্রিয়াটি একমুখী।

৬। সাকসিনিক অ্যাসিড, 2H⁺ হারিয়ে ফিউমারিক অ্যাসিড-এ পরিণত হয়। এখানে এক অণু FAD হতে এক অণু FADH₂ তৈরি হয়। সাকসিনেট ডিহাইড্রোজিনেজ (Succinate dehydrogenase) এনজাইম এ বিক্রিয়ায় সহায়তা করে। বিক্রিয়াটি দ্বিমুখী।

৭। ফিউমারিক অ্যাসিড এক অণু পানি গ্রহণ করে ম্যালিক অ্যাসিড-এ পরিণত হয়। ফিউমারেজ (fumarase) এনজাইম এ বিক্রিয়ায় সহায়তা করে। বিক্রিয়াটি দ্বিমুখী।

। উন্নিবিশ শতাব্দীতে বিজ্ঞানিগণ আবিষ্কার করেন যে, বায়ুর অনুপস্থিতিতে কোষে ইথানল বা ল্যাকটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় কিন্তু বায়ুর উপস্থিতিতে কোষ O₂ গ্রহণ করে এবং CO₂ ও H₂O উৎপন্ন করে। জার্মানিতে জন্ম নেয়া ইংরেজ প্রাণ-রসায়নবিদ Sir Hans Adolf Krebs (1900-1981) অঙ্গিজেনের উপস্থিতিতে পাইরিভিক অ্যাসিড সম্পূর্ণ জারণ প্রক্রিয়ার পর্যায়ক্রমিক বিক্রিয়ার তথ্য প্রথম প্রকাশ করেন ১৯৩৭ সালে। এ জারণ প্রক্রিয়ার অধিকাংশ বিক্রিয়া একটি চক্রের আকারে আবর্তিত হয়। চক্রটি আবিষ্কারকের নামানুসারে একে ক্রেবস চক্র বলা হয়। এই চক্রের প্রথম উৎপন্ন এবং অতি গুরুত্বপূর্ণ পদার্থ সাইট্রিক অ্যাসিড, তাই এই চক্রকে সাইট্রিক অ্যাসিড চক্রও বলা হয়। সাইট্রিক অ্যাসিডে ৩টি কার্বোক্সিল (-COOH) গ্রহণ করায় এই চক্রকে ট্রাই কার্বোক্সিলিক এসিড (TCA) চক্র বলা হয়। ক্রেবস তাঁর এই বিশেষ আবিষ্কারের জন্য ১৯৫৩ সালে রসায়নে নোবেল প্রাইজ পান।]



(১), (২), (৩).....(৮) বিক্রিয়া নির্দেশক।

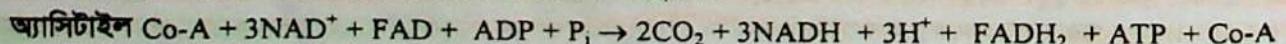
চিত্র ৯.৩৩ : ক্রেবস চক্রের সংক্ষিপ্ত ছক : আধুনিক ধারণা অনুযায়ী ছকটি উপস্থাপিত, এতে দুটি স্টেপ কম আছে।

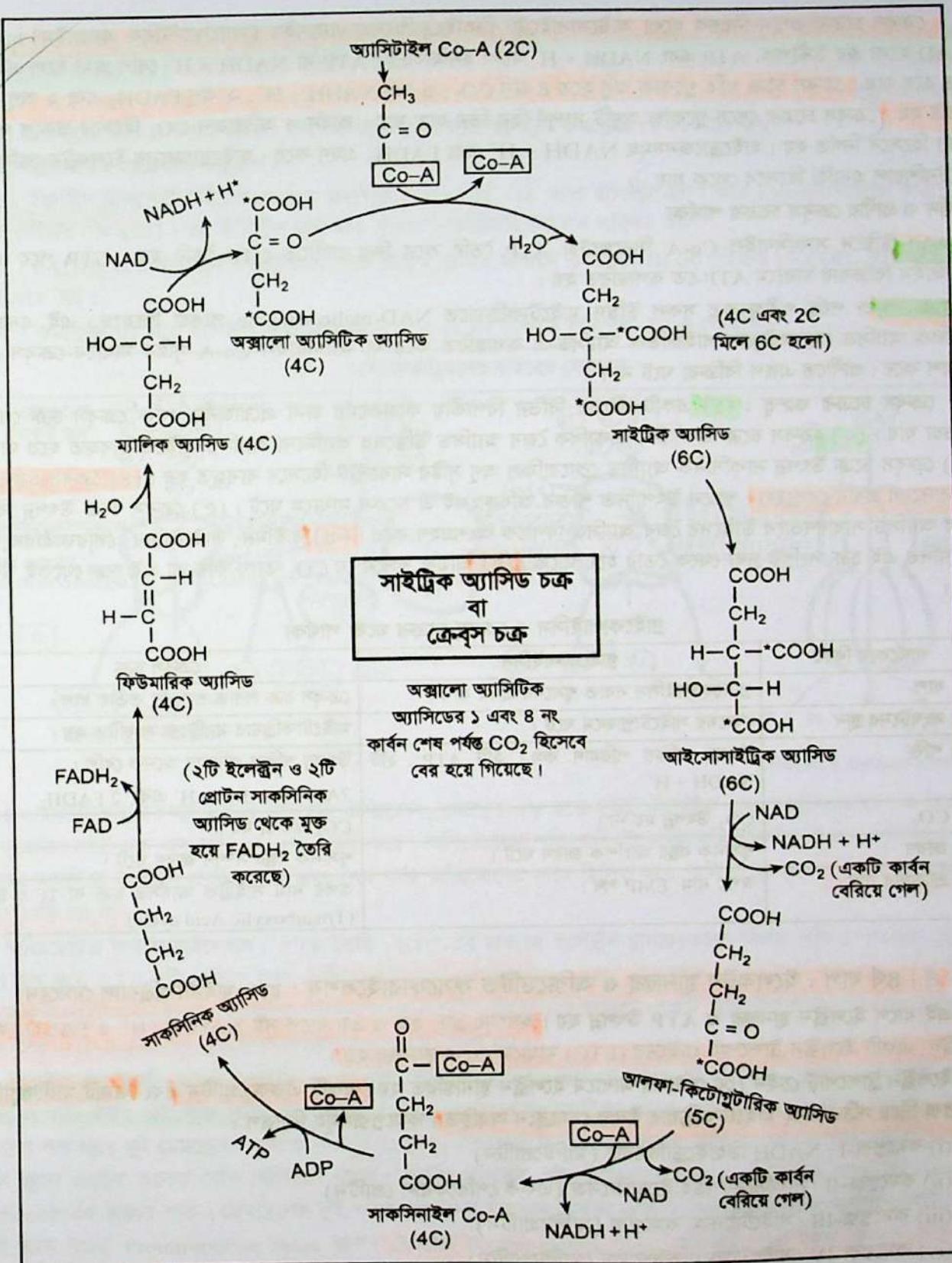
Ref : L. Taiz and E.Z. Eiger : Plant Physiology (second edition-1998) Sinauer Associates, Inc. Publishers. USA.

৮। ম্যালিক অ্যাসিড $2H^+$ হারিয়ে অক্সালো অ্যাসিটিক অ্যাসিড-এ পরিণত হয়। এখানে এক অণু $NADH + H^+$ উৎপন্ন হয়। ম্যালেট ডিহাইড্রোজিনেজ (malate dehydrogenase) এনজাইম এ বিক্রিয়ায় সহায়তা করে। বিক্রিয়াটি দ্বিমুখী।

অক্সালো অ্যাসিটিক অ্যাসিড এ চক্রে পুনঃপুনঃ উৎপাদিত হয় এবং পুনঃপুনঃ অংশগ্রহণ করে চক্রটি চালু রাখে।

একটি সাইট্রিক অ্যাসিড চক্রে অংশগ্রহণকারী ও উৎপাদন নিম্নরূপ :





শিক্ষক এবং অধ্যসর শিক্ষার্থীদের জন্য। মুখ্য কর্তার দরকার নেই।

ক্রেবস চক্রের প্রধান নিয়ন্ত্রক হলো আইসোসাইট্রেট ডিহাইড্রাজিনেজ এনজাইম (অ্যালোস্টেরিক এনজাইম)। ADP, NAD হলো এর উদ্দীপক; ATP এবং NADH + H⁺ হলো ইনহিবিটর। ATP বা NADH + H⁺ বেশি জমা হলে এই চক্র বন্ধ হয়ে যায়। ক্রেবস চক্রে প্রতি গুকোজ অণু হতে ৪ অণু CO₂, ৬ অণু NADH + H⁺, ২ অণু FADH₂ এবং ২ অণু ATP তৈরি হয়। ক্রেবস চক্রের শেষে গুকোজ অণুটি সম্পূর্ণ ছিন্ন ভিন্ন হয়ে যায়। কার্বন ও অক্সিজেন CO₂ হিসেবে প্রকাশ পায় ও বর্জ্য হিসেবে নির্গত হয়। হাইড্রোজেনসমূহ NADH + H⁺ এবং FADH₂ গ্রহণ করে। হাইড্রোজেনের ইলেক্ট্রন কেমিক্যাল পটেনশিয়াল এনার্জি হিসেবে থেকে যায়।

উক্তিদ ও প্রাণীর ক্রেবস চক্রের পার্থক্য

১। উক্তিদে সাকসিনাইল Co-A সিনথেটেজ ATP তৈরি করে কিন্তু প্রাণীতে GTP তৈরি হয়। GTP পরে একটি এনজাইম বিক্রিয়ার মাধ্যমে ATP-তে রূপান্তরিত হয়।

২। আজ পর্যন্ত পরীক্ষাকৃত সকল উক্তিদ মাইটোকন্ড্রিয়াতে NAD-malic enzyme পাওয়া গিয়েছে। এই এনজাইম ম্যালিক অ্যাসিড (ম্যালিট)কে পাইরভিক অ্যাসিড-এ রূপান্তরিত করে যা অ্যাসিটাইল Co-A সৃষ্টির মাধ্যমে ক্রেবস চক্রে প্রবেশ করে। প্রাণীতে এরূপ বিক্রিয়া ঘটে না।

ক্রেবস চক্রের শরুত : (১) একটি জীবের বিভিন্ন বিপাকীয় কাজকর্মের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি ক্রেবস চক্র থেকেই পাওয়া যায়। (২) ক্রেবস চক্রে উৎপাদিত একাধিক জৈব অ্যাসিড উক্তিদের অ্যামিনো অ্যাসিড সৃষ্টিতে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। (৩) ক্রেবস চক্রে উৎপন্ন সাক্সিনিক অ্যাসিড ক্লোরোফিল অণু সৃষ্টির সাবস্ট্রেট হিসেবে ব্যবহৃত হয়। (৪) ক্রেবস চক্র শক্তি উৎপাদনের প্রধান কেন্দ্রস্থল। শুধুমাত্রে উৎপাদিত শক্তির অধিকাংশই এ চক্রের মাধ্যমে ঘটে। (৫) ক্রেবস চক্রে উৎপন্ন বিভিন্ন জৈব অ্যাসিড সাধারণভাবে উক্তিদের জৈব অ্যাসিড বিপাকে অংশ্চাহণ করে। (৬) থাইমিন, সাইটোসিন, পোরফাইরিন, হিম ইত্যাদিও এই চক্র সংশ্লিষ্ট দ্রব্য থেকে তৈরি হয়ে থাকে। (৭) আমরা শুধুমাত্রে CO₂ ত্যাগ করি তা এই চক্র থেকেই উৎপন্ন হয়।

গ্রাইকোলাইসিস ও ক্রেবস চক্রের মধ্যে পার্থক্য

পার্থক্যের বিষয়	গ্রাইকোলাইসিস	ক্রেবস চক্র
১। ধাপ	গ্রাইকোলাইসিস সর্বাত শুধুমাত্রে প্রথম ধাপ।	ক্রেবস চক্র সর্বাত শুধুমাত্রে তৃতীয় ধাপ।
২। সংঘটনের ছান	কোষের সাইটোপ্রাজমে ঘটে।	মাইটোকন্ড্রিয়ার ম্যাট্রিক্সে সংঘটিত হয়।
৩। শক্তি	উৎপন্ন শক্তির পরিমাণ কম। ২টি ATP, ২টি NADH + H ⁺	উৎপন্ন শক্তির পরিমাণ অনেক বেশি। 2ATP, 6NADH + H ⁺ এবং 2 FADH ₂
৪। CO ₂	CO ₂ উৎপন্ন হয় না।	CO ₂ উৎপন্ন হয়।
৫। জারণ	শুধুমাত্র বস্তুর অংশিক জারণ ঘটে।	শুধুমাত্র বস্তুর সম্পূর্ণ জারণ ঘটে।
৬। প্রক্রিয়ার নাম	অপর নাম EMP পথ।	অপর নাম সাইট্রিক অ্যাসিড চক্র বা TCA চক্র (Tricarboxylic Acid cycle)

৪। ৪র্থ ধাপ : ইলেক্ট্রন ছানান্তর ও অক্সিডেটিভ ফসফোরাইলেশন : ছান- মাইটোকন্ড্রিয়াল মেম্ব্রেন

এই ধাপে ইলেক্ট্রন ছানান্তর ও ATP উৎপন্ন হয়। শুধুমাত্রে ১ম, ২য় ও ৩য় ধাপে সৃষ্টি NADH + H⁺ ও FADH₂ হতে ইলেক্ট্রন, একটি ইলেক্ট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইনের (ETC) মাধ্যমে O₂ এ ছানান্তর হয়।

ইলেক্ট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইন (যে চেইনের মাধ্যমে ইলেক্ট্রন ছানান্তরিত হয়) একটি একক প্রোটিন এবং তিনটি মাল্টিপ্রোটিন কমপ্লেক্স নিয়ে গঠিত এবং মাইটোকন্ড্রিয়ার ইনার মেম্ব্রেনে অবস্থিত। কমপ্লেক্সসমূহ নিম্নরূপ :

- কমপ্লেক্স-I : NADH ডিহাইড্রাজিনেজ (মাল্টিপ্রোটিন)
- কমপ্লেক্স-II : সাকসিনেট ডিহাইড্রাজিনেজ (একক পেরিফেরাল প্রোটিন)
- কমপ্লেক্স-III : সাইটোক্রোম কমপ্লেক্স (মাল্টিপ্রোটিন)
- কমপ্লেক্স-IV : সাইটোক্রোম অক্সিডেজ (মাল্টিপ্রোটিন)

এক কমপ্লেক্স থেকে অপর কমপ্লেক্সে ইলেক্ট্রন প্রবাহ দুইটি চলনশীল (mobile) ইলেক্ট্রন সাটল (Shuttle)-এর সহযোগিতায় সম্পন্ন হয়। একটি সাটল হলো ইউবিকুইনোন (UQ) যা মেম্ব্রেনের মাঝখানে থাকে। এটি ইলেক্ট্রনকে কমপ্লেক্স I ও II হতে কমপ্লেক্স III-এ নিয়ে যায়। আরেকটি সাটল হলো সাইটোক্রোম-c (Cyt.c) যা দুই মেম্ব্রেনের (বহিঃ ও অন্ত) মাঝখানে খালি জায়গায় থাকে। এটি কমপ্লেক্স III থেকে ইলেক্ট্রন কমপ্লেক্স IV-এ নিয়ে যায়।

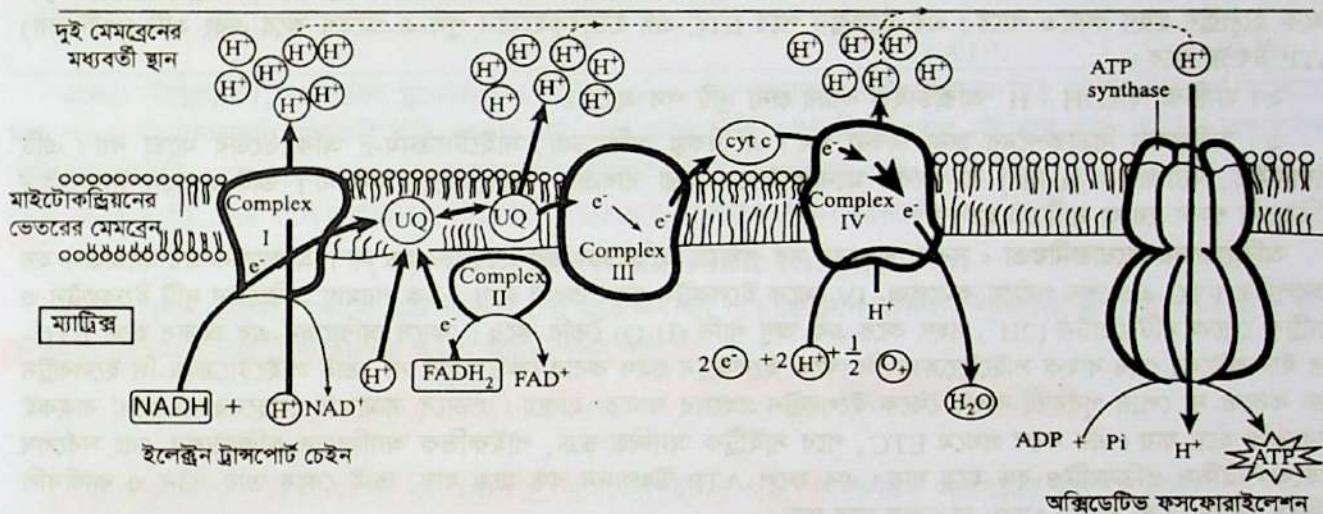
ইলেক্ট্রন প্রবাহ প্রক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

১। ইলেক্ট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইনের (ETC) কমপ্লেক্স-I, NADH + H⁺ হতে ইলেক্ট্রন গ্রহণ করে UQ-এর মাধ্যমে কমপ্লেক্স III তে পৌছায়। NADH + H⁺ ইলেক্ট্রন মুক্ত হয়ে NAD⁺ (অক্সিডাইজড)তে পরিণত হয়।

২। FADH₂ হতে ইলেক্ট্রন কমপ্লেক্স-II গ্রহণ করে UQ এর মাধ্যমে কমপ্লেক্স-III তে পৌছায়। FADH₂ অক্সিডাইজড হয়ে FAD⁺ হয়।

৩। কমপ্লেক্স-III হতে ইলেক্ট্রন সাইটোক্রোম-c (Cyt.c) এর মাধ্যমে কমপ্লেক্স-IV এ পৌছায়।

মাইটোকন্ড্রিয়নের বাইরের মেম্ব্রেন



৪। মাইটোকন্ড্রিয়ার ম্যাট্রিক্স-এ বিদ্যমান অক্সিজেন, কমপ্লেক্স-IV হতে দুইটি ইলেক্ট্রন এবং ম্যাট্রিক্স হতে দুটি প্রোটন ($2H^+$) গ্রহণ করে এক অণু পানি (H_2O) তৈরি করে। অক্সিজেনের শক্তিশালী ইলেক্ট্রনগতিভিত্তির কারণে সৃষ্টি আকর্ষণে চেইনের মধ্যদিয়ে ইলেক্ট্রন প্রবাহিত হয় এবং শেষ পর্যন্ত অক্সিজেনের সাথে মিলিত হয়ে পানি তৈরি করে। ETC-তে কোনো ATP তৈরি হয় না।

অক্সিডেটিভ ফসফোরাইলেশন : ATP তৈরি : ETC-এর মাধ্যমে ইলেক্ট্রন স্থানান্তরকালে নির্গত শক্তির সাহায্যে ADP ও Pi যুক্ত হয়ে ATP সৃষ্টি প্রক্রিয়া হলো অক্সিডেটিভ ফসফোরাইলেশন। ETC-এ কোনো ATP তৈরি হয় না, ATP তৈরি হয় কেমিওসমোসিস প্রক্রিয়ায়। কেমিওসমোসিস হলো একটি প্রক্রিয়া যার মাধ্যমে একটি ইলেক্ট্রোকেমিক্যাল গ্রেডিয়েন্ট-এর শক্তি এবং ATP Synthase এনজাইম ব্যবহার করে ATP তৈরি হয়।

ইলেক্ট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইনে ইলেক্ট্রন প্রদান করা কালে NADH + H⁺, FADH₂ হতে বেশ পরিমাণ মুক্ত শক্তি (free energy) সৃষ্টি হয়। এই মুক্ত শক্তি খরচ করে পাস্পিং-এর মাধ্যমে ম্যাট্রিক্স থেকে প্রোটন (H^+) মাইটোকন্ড্রিয়ার ইনার মেম্ব্রেন পার করে দুই মেম্ব্রেনের মাঝখানে পাঠিয়ে দেয়। এর ফলে ম্যাট্রিক্স-এ প্রোটন খুবই কম থাকে কিন্তু দুই মেম্ব্রেনের ফাঁকা স্থানে প্রোটন অনেক বেশি পরিমাণে থাকে। প্রোটন ঘনত্বের এই পার্থক্যকে Proton gradient বলে, এই Proton gradient-ও এক প্রকার শক্তি। মেম্ব্রেনের দুই পাশে প্রোটনের ঘনত্বের পার্থক্য এবং ইলেক্ট্রোকেমিক্যাল পার্থক্য একটি শক্তি তৈরি করে যাকে Proton-motive force বলে। কোষের Proton-motive force ব্যবহার করে কাজ করাকে বলা হয় কেমিওসমোসিস।

ব্রিটিশ প্রাণ-বসায়নবিদ Peter Mitchell ATP সৃষ্টির এই প্রক্রিয়াটি প্রস্তাৱ কৰেছিলেন যার কাৰণে তাকে ১৯৭৮ সালে রসায়নে নোবেল পুৱৰ্কাৰ প্ৰদান কৰা হয়। মাইটোকন্ড্ৰিয়াতে কেমিওসমোসিসেৰ শক্তি আসে $\text{NADH} + \text{H}^+$, FADH_2 ইত্যাদি উচ্চশক্তিসম্পন্ন অণুৰ অক্সিডেশনেৰ মাধ্যমে। তাই এৰ নাম অক্সিডেটিভ ফসফোরাইলেশন।

ATP Synthase : এটি একটি আণবিক মটোৰিশেম। এৰ তিনটি অংশ আছে। যথা- গোড়া, মধ্যম অংশ বোটাবিশেম এবং মোটা মাথাৰ অংশ। গোড়াৰ অংশ মাইটোকন্ড্ৰিয়নেৰ ইনার মেম্ব্ৰেনে গ্ৰহণ থাকে এবং মাথা ম্যাট্ৰিক্স পৰ্যন্ত বৰ্ধিত থাকে। গোড়াৰ অংশ একটি সৱৰ পথ তৈৰি কৰে দেয় যার মাধ্যদিয়ে প্ৰোটিন (H^+) মুক্তভাৱে চলার মাধ্যমে ম্যাট্ৰিক্স-এ পৌছাতে পাৰে। মাথাৰ অংশ ঘূৰ্ণনেৰ মাধ্যমে ADP + iP যুক্ত কৰে ATP তৈৰিতে সহায়তা কৰে। মাথাৰ এই ঘূৰ্ণন অংশ প্ৰক্ৰিয়াতে অবস্থিত কুন্দ্ৰতম রোটাৰি মটোৰ।

ইলেকট্ৰন ট্ৰান্সপোর্ট চেইনেৰ কাজ হলো $\text{NADH} + \text{H}^+$ এবং FADH_2 এৰ ইলেকট্ৰন ম্যাট্ৰিক্স-এৰ অক্সিজেনে প্ৰাৰ্থিত কৰা।

উচ্চিদ মাইটোকন্ড্ৰিয়নেৰ স্বকীয়তা

১। একটি বহুলোক (ETC এৰ বাইৱে) $\text{NADH} + \text{H}^+$ ডিহাইড্ৰেজিনেজ যা সৱাসৱি সাইটোপ্লাজমে উৎপন্ন $\text{NADH} + \text{H}^+$ থেকে ইলেক্ট্ৰন গ্ৰহণ কৰতে পাৰে। এই ইলেক্ট্ৰন পৱে ETC-এৰ ইউবিকুইনোন পুল-এ প্ৰবেশ কৰে এবং ২টি (৩টি নয়) ATP উৎপন্ন কৰে।

২। ম্যাট্ৰিক্স $\text{NADH} + \text{H}^+$ অক্সিডাইজ কৰাৰ জন্য দুটি পথ আছে।

৩। অক্সিজেন রিডাকশনেৰ জন্য বিকল্প পথ। এ বিকল্প অক্সিডেজ, সাইটোকেনেম-০ অক্সিডেজেৰ মতো নয়। এটি সায়ানাইড, অ্যাজাইড (azide) বা কাৰ্বন মনোক্সাইডেৰ দ্বাৰা বাধাপ্ৰতি (inhibition) হয় না। তাই এখানে সায়ানাইড প্ৰতিৱেদী শৃঙ্খল হয় যা প্ৰাণীতে হয় না।

অক্সিজেনেৰ প্ৰয়োজনীয়তা : সবাত শৃঙ্খলেৰ সব পৰ্যায়ে অক্সিজেন-এৰ প্ৰয়োজন হয় না। অক্সিজেন-এৰ প্ৰয়োজন হয় কেবলমাৰ্ত ETC-এৰ শেষ পৰ্যায়ে কমপ্ৰেক্স-IV থেকে ইলেকট্ৰন গ্ৰহণ কৰাৰ জন্য। এক পৰমাণু অক্সিজেন দুটি ইলেকট্ৰন ও ম্যাট্ৰিক্স থেকে দুটি প্ৰোটিন (2H^+) গ্ৰহণ কৰে এক অণু পানি (H_2O) তৈৰি কৰে। কোষে অক্সিজেন-এৰ অভাৱ হলে ETC-এৰ ইলেকট্ৰনেৰ শেষ বাহক সাইটোকেনেম-সি থেকে ইলেকট্ৰন গ্ৰহণ কৰাৰ কেউ থাকে না, তাই সাইটোকেনেম-সি ইলেকট্ৰন মুক্ত কৰতে না পৰে পূৰ্ববৰ্তী বাহক থেকে ইলেকট্ৰন গ্ৰহণেৰ ক্ষমতা হারায়। এভাৱে ক্ৰমাবৰ্যে পেছনেৰ সবগুলো বাহকই ভাৱাক্রান্ত হয়ে যায়। এৰ ফলে প্ৰথমে ETC, পৱে সাইটুক্রিক অ্যাসিড চক্ৰ, পাইৰুভিক অ্যাসিডেৰ অক্সিডেশন এবং সৰ্বশেষ গ্ৰাইকোলাইসিস প্ৰক্ৰিয়াটি বন্ধ হয়ে যায়। এৰ ফলে ATP উৎপাদন বন্ধ হয়ে যায়, তাই কোষ তাৰ গঠন ও কাৰ্যাবলি চলিয়ে যাবাৰ মতো শক্তি (ATP) না পেয়ে মৃত হয়।

আমাদেৱ পেশি কোষগুলো ল্যাকটিক অ্যাসিড ফাৰ্মেন্টেশন প্ৰক্ৰিয়ায় সীমিত ATP তৈৰি কৰতে পাৰে কিন্তু প্ৰয়োজনীয় এনজাইম না থাকায় স্নায়ুকোষ (ব্ৰেইনসহ) তা পাৰে না। ফলে অক্সিজেনেৰ অভাৱ হলে প্ৰথমেই স্নায়ু কোষেৰ মৃত্যু ঘটে।

শৃঙ্খলিক বন্ধ : সুকোজ প্ৰথমে ভেন্সে গুকোজ ও ফুকোজ হয়ে গ্ৰাইকোলাইসিস-এ প্ৰবেশ কৰে। গুকোজ সৱাসৱি শৃঙ্খলিক বন্ধ হিসেবে কাজ কৰে। অন্যান্য মনোস্যাকাৰাইড প্ৰথমে গুকোজ হয়, পৱে শৃঙ্খলে প্ৰবেশ কৰে। স্টাৰ্চ, গ্ৰাইকোজেন পালিমার ভেন্সে প্ৰথমে গুকোজ সৃষ্টিৰ মাধ্যমে শৃঙ্খলিক বন্ধ হিসেবে কাজ কৰে। ফ্যাট ভেন্সে গ্ৰিসারোল এবং ফ্যাটি অ্যাসিড-এ পৱিণত হয়। গ্ৰিসারোল গ্ৰিসারোলিহাইড-৩-ফসফেট হয়ে শৃঙ্খলে অংশগ্ৰহণ কৰে, আৱ ফ্যাটি অ্যাসিড অ্যাসিটাইল-Co-A সৃষ্টিৰ মাধ্যমে শৃঙ্খল প্ৰক্ৰিয়ায় প্ৰবেশ কৰে। প্ৰোটিন ভেন্সে অ্যামিনো অ্যাসিড তৈৰি হয়; এৰ কতক অ্যাসিটাইল Co-A সৃষ্টিতে অংশগ্ৰহণ কৰে, আৱ কতক সাইটুক্রিক অ্যাসিড চক্ৰে প্ৰবেশ কৰে।

ফটোফসফোরাইলেশন ও অক্সিডেটিভ ফসফোরাইলেশনেৰ মধ্যে পাৰ্থক্য

পাৰ্থক্যেৰ বিষয়	ফটোফসফোরাইলেশন	অক্সিডেটিভ ফসফোরাইলেশন
১। কোন প্ৰক্ৰিয়ায় ঘটে	সালোকসংশ্ৰেষণ প্ৰক্ৰিয়ায় বিদ্যমান।	সবাত শৃঙ্খল প্ৰক্ৰিয়ায়
২। কোন কুন্দ্ৰাঙ্গে ঘটে	ক্লোৱোপ্লাস্টেৰ থাইলাকয়েড মেম্ব্ৰেনে ঘটে।	মাইটোকন্ড্ৰিয়াৰ ক্লিস্টিতে ঘটে।
৩। আণবিক O_2 -এৰ প্ৰয়োজনীয়তা	আণবিক O_2 -এৰ প্ৰয়োজন হয় না।	আণবিক O_2 -এৰ প্ৰয়োজন হয়।
৪। ফটোসিস্টেম	ফটোসিস্টেম জড়িত।	ফটোসিস্টেম জড়িত নয়।
৫। শক্তিৰ উৎস	শক্তিৰ মূল উৎস সূৰ্যালোক।	ইলেকট্ৰন পৱিণতেৰ সময় জাৰণ-বিজাৱণেৰ ফলে শক্তি মুক্ত হয় এবং তা দিয়ে ATP তৈৰি হয়।

শক্তি উৎপাদনের পরিসংখ্যান

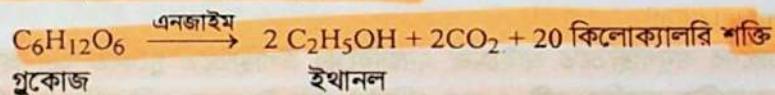
সবাত শুনে এক অপু গুকোজ সম্পর্ণ জারিত হয়ে CO₂ ও পানি উৎপাদনকালে নিম্নরূপ শক্তি উৎপাদন করে:

গ্লাইকোলাইসিস	পাইরুভিক অ্যাসিডের অক্সিডেশন	ক্রেব্স চক্র	ETC	সর্বমোট ATP
2ATP →	= 2ATP
2NADH+ H ⁺ (যা সাইটোপ্লাজম থেকে মাইটোকন্ড্রিয়াল ম্যাট্রিক্স-এ প্রবেশ কালে একটি ATP হারিয়ে FADH ₂ তে পরিণত হয়।	2NADH+ H ⁺	6NADH+ H ⁺ 2FADH ₂ 2ATP	4 ATP (Not 6) 6 ATP → 32 ATP	= 4ATP = 6ATP = 18ATP = 4ATP = 2ATP = 36ATP

এখনে উল্লেখ্য যে, এক মোল গুকোজকে পোড়ালে ৬৮৬ কিলোক্যালরি শক্তি বের হয় কিন্তু বায়োলজিক্যাল সিস্টেমে মাত্র ৩৮০ কিলোক্যালরি কার্যকরী শক্তি পাওয়া যায় এবং বাকি শক্তি তাপশক্তি হিসেবে নষ্ট হয়ে যায়। বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রতিটি ATP হতে মাত্র ১০ কিলোক্যালরি হিসেবে ৩৬টি ATP হতে ৩৬০ Kcal (৩৮ ATP হতে ৩৮০ Kcal) শক্তি সরবরাহ হয়, যার ফলে কার্যক্ষমতা দাঁড়ায় প্রায় ৫৫.৮% বা তারও কম। অনেকের মতে ৪০%।

(খ) অবাত শ্বসন (Anaerobic Respiration)

ଅବାତ ଶୁସନ ପ୍ରକିଯାଯା କୋନୋ ମୁକ୍ତ ଅଞ୍ଚିଜେନେର ପ୍ରୟୋଜନ ହୟ ନା । ସେ ଶୁସନ ପ୍ରକିଯାଯା ଅଞ୍ଚିଜେନେର ପ୍ରୟୋଜନ ହୟ ନା ବା, ଅଞ୍ଚିଜେନେର ଅନପଣ୍ଡିତେ ସମ୍ପନ୍ନ ହୟ ତାକେ ଅବାତ ଶୁସନ ବଲେ ।

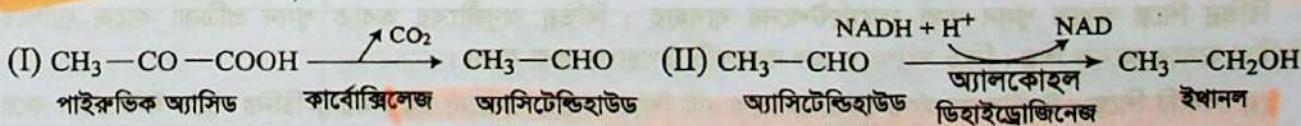


ଅବାତ ଶୁଣନ ଦୁଟି ପର୍ଯ୍ୟାଯେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୁଏ; ସଥା : ୧ । ଗ୍ରାଇକୋଲାଇସିସ ଓ ୨ । ପାଇରଭିକ ଆସିଡେର ଅସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜାରଣ ।

১। গ্লাইকোলাইসিস : এটি সবাত শসনের গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার অনুরূপ, গ্লাইকোলাইসিস উভয় প্রকার শসনেরই প্রথম পর্যায়। এ ধাপে এক অণু গুকোজ থেকে ২ অণু পাইরুভিক অ্যাসিড, ২ অণু NADH + H⁺ ও ২ অণু ATP উৎপন্ন হয়।

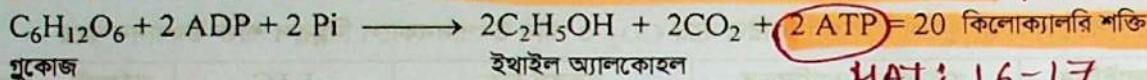
২। পাইরভিক অ্যাসিডের অসম্পূর্ণ জারণ : পাইরভিক অ্যাসিড থেকে ইথানল অথবা ল্যাকটিক অ্যাসিড সৃষ্টি : অবাত শুনের দ্বিতীয় পর্যায়ে পাইরভিক অ্যাসিড অসম্পূর্ণভাবে জারিত হয়ে ইথানল ও CO_2 অথবা শুধু ল্যাকটিক অ্যাসিড সৃষ্টি করে।

(i) **অ্যালকোহলিক ফার্মেন্টেশন তথা ইথানল সৃষ্টি :** এটি দুই ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথম ধাপে কার্বোক্সিলেজ এনজাইমের কার্যকারিতায় পাইরুভিক অ্যাসিড এক অণু CO_2 বের করে দিয়ে অ্যাসিটেভিহাইড উৎপন্ন করে এবং দ্বিতীয় ধাপে অ্যালকোহল ডিহাইড্রেজিনেজ এনজাইমের কার্যকারিতায় অ্যাসিটেভিহাইড, $\text{NADH} + \text{H}^+$ হতে দুটি হাইড্রোজেন গ্রহণ করে ইথানল (ইথাইল অ্যালকোহল) উৎপন্ন করে এবং NAD মুক্ত হয়ে যায়। ঈস্ট এবং কতিপয় ব্যাকটেরিয়াতে এই প্রক্রিয়া ঘটে। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :



সর্বাধুনিক তথ্য (২০১৯) : গ্লাইকোলাইসিস-এর প্রতি NADH + H⁺ থেকে ১.৫ ATP, অন্যান্য প্রতি NADH + H⁺ থেকে ২.৫ ATP, প্রতি FADH₂ থেকে ১.৫ ATP কাজেই মোট ATP উৎপাদন = ৩০টি (৩৮ বা, ৩৬ নয়)। কেবলমাত্র শিক্ষকদের জানার জন্য।

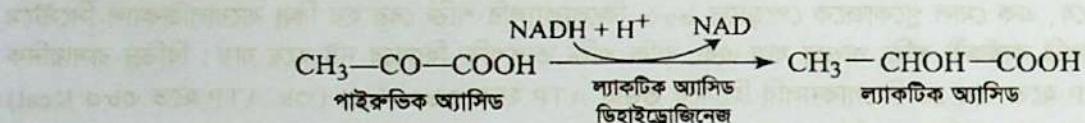
অবাত শুসনে ১ অণু গ্লুকোজ ভেদে ২ অণু ইথাইল অ্যালকোহল ও ২ অণু CO_2 উৎপন্ন হয়। MAT:14-15



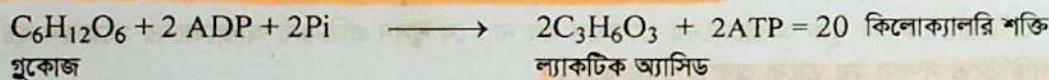
অবাত শুসনে গ্রাইকোলাইসিসে $\text{NADH} + \text{H}^+$ উৎপন্ন হয়েছিল তা এক্ষেত্রে খরচ হয়ে গেল। কাজেই অবাত শুসনে গ্রাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ায় জমানো দুটি ATP-ই শক্তির একমাত্র উৎস। দুটি ATP হতে শেষ পর্যন্ত $10 \times 2 = 20$ কিলোক্যালরি শক্তি পাওয়া যায়। ইথানল ও ল্যাকটিক অ্যাসিড টেক্সিক, তাই এই প্রক্রিয়াকে ফার্মেটেশন বলা হয়।

[ইন্ট ছাক হলো সুবিধাবাদী অবায়বীয় ছাক। এটি যখন সবাত শুসন থেকে ফার্মেচেশন পদ্ধতিতে প্রত্যাবর্তন করে তখন সম্পরিমাণ শক্তির জন্য ১৮ গ্র দ্রুত গুকোজ মেটাবলাইজ করে। পুনরায় বায়বীয় অবস্থায় এলে গ্লাইকোলাইসিস হ্যাস পায়। বায়বীয় (aerobic) শুসনে ফিরে আসার প্রক্রিয়ে গ্লাইকোলাইসিস হ্যাস পাওয়াকে বলা হয় pasteur effect.]

(ii) ল্যাকটিক অ্যাসিড সৃষ্টি : ল্যাকটিক অ্যাসিড ডিহাইড্রেজিনেজ এনজাইমের কার্যকারিতায় পাইরুভিক অ্যাসিড NADH + H⁺ হতে হাইড্রোজেন গ্রহণ করে ল্যাকটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। ল্যাকটিক অ্যাসিড সৃষ্টিকালে কোনো CO₂ উৎপন্ন হয় না। উচ্চশ্রেণির উত্তিদে ল্যাকটিক অ্যাসিড সৃষ্টি হয় না। কতিপয় ব্যাক্টেরিয়া ও প্রাণীতে, বিশেষ করে পেশিতে, ল্যাকটিক অ্যাসিড অধিক উৎপন্ন হয়। অবাত শুসন অধিকাংশ আণবিক্ষণিক জীবেরই শক্তি উৎপাদনের একমাত্র প্রক্রিয়া।



অবাত শুসনে ১ অণু গুকোজ হতে ২ অণু ল্যাকটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



ফার্মেন্টেশন বা গোজন (Fermentation)

কোরের বাইরে অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে জাইমেজ এনজাইমের উপস্থিতিতে গুকোজ অণু অসম্পূর্ণভাবে জারিত হয়ে ইথানল (অ্যালকোহল) বা ল্যাকটিক অ্যাসিড সৃষ্টি ও অল্প পরিমাণ শক্তি উৎপাদন প্রক্রিয়াকে ফার্মেটেশন বা গোজন বলে। কিছু ব্যাক্টেরিয়া ও এককোষী দ্বিষ্টে ফার্মেটেশন ঘটে। বিজ্ঞানের যে শাখায় ফার্মেটেশন সম্পর্কে অধ্যয়ন করা হয় তাকে জাইমোলজি (Zymology) বলে। এ প্রক্রিয়ায় অ্যালকোহল, মদ, পাউরন্টি ইত্যাদি তৈরি করা হয়। ফরাসী রসায়নবিদ লুই পাস্টুর (Louis Pasteur, 1865) ১৮৬৫ খ্রিস্টাব্দে ইস্টের ফার্মেটেশন প্রক্রিয়ার বর্ণনা দেন এবং একে অক্সিজেনবিহীন শুসন্থ হিসেবে আখ্যায়িত করেন।

প্রকৃতকোষী এবং আদিকোষী জীবে শসনের ডান

প্রকৃতকোষী	আদিকোষী
(ক) সাইটোকন্ড্রিয়নের বাইরে (সাইটোপ্রাজমে) ১। গ্রাইকোলাইসিস ২। ফার্মেটেশন	(ক) সাইটোপ্রাজমে ১। গ্রাইকোলাইসিস ২। ফার্মেটেশন ৩। ক্রেব্স চক্র
(খ) সাইটোকন্ড্রিয়নের ভেতরে ম্যাট্রিক্স-এ : ৩। পাইরিডিক অ্যাসিড অ্যালিডেশন ৪। ক্রেব্স চক্র	(খ) প্রাজমামেমব্রেনের ভেতরের তল (inner surface) ৪। ইলেক্ট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইন।
(গ) সাইটোকন্ড্রিয়নের ইনার মেম্ব্রেন-এ ৫। ইলেক্ট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইন।	

বিভিন্ন শিল্পে অবাত শুসন তথা ফার্মেটেশনের ব্যবহার : বিভিন্ন অণুজীবের অবাত শুসন প্রক্রিয়া কাজে লাগিয়ে প্রতিষ্ঠিত হয়েছে অনেক শিল্প। নিচে সংক্ষেপে এর কয়েকটি উপস্থাপন করা হলো।

(i) **বেকারি শিল্প** : ইস্টের ফার্মেন্টেশন প্রক্রিয়াকে এই শিল্পে কাজে লাগানো হয়। ময়দা-চিনির সাথে ইস্ট যোগ করে পাউরুটি তৈরি করা হয়। ময়দা-চিনি ইত্যাদি উপকরণের সাথে মিশ্রিত ইস্টের অবাত শুসনের ফলে সৃষ্টি হয় CO_2 এবং ইথাইল অ্যালকোহল। CO_2 গ্যাস-এর চাপে পাউরুটি ফুলে ফাঁপা হয়; আর অ্যালকোহল তাপে বাঞ্চ হয়ে উড়ে যায়।

(ii) মদ্য শিল্পে : ইস্টের অবাত শুসন তথা ফার্মেন্টেশনকে কাজে লাগিয়ে মদ তৈরি করা হয়। এ প্রক্রিয়ায় আঙুরের রস থেকে ওয়াইন এবং আপেলের রস থেকে সিডার প্রস্তুত করা হয়।

(iii) অ্যালকোহল প্রস্তুতে : শর্করার সাথে ইস্টের ফার্মেন্টেশন বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল তৈরি হয়। দর্শনা চিনি কলে চিটাগুড় (molasses) থেকে এই প্রক্রিয়ায় অ্যালকোহল তৈরি করা হয়। একই প্রক্রিয়ায় বিউটানল, প্রপানল ইত্যাদিও প্রস্তুত করা হয়।

(iv) দুধ শিল্পে : দুধের সাথে *Lactobacillus helveticus*, *Streptococcus lactis* ইত্যাদি ব্যাক্টেরিয়া মিশিয়ে ৩-৫ ঘণ্টার মধ্যে 37-38°C তাপমাত্রায় দই তৈরি করা হয়। এটিও ব্যাক্টেরিয়ার অবাত শুসনের ফল। পনির ও মাখন তৈরিতেও একই প্রক্রিয়া ব্যবহৃত হয়।

(v) আয়ুর্বেদিক ওষুধ শিল্পে : অনেক আয়ুর্বেদ ওষুধ তৈরিতে বিভিন্ন ড্রাগের মিশ্রণের সাথে চিটাগুড় দিয়ে পাত্র ঢেকে দেয়া হয় (এমনকি মাটির নিচে বেশ কিছুদিন রাখা হয়)। এতে চিটাগুড় থেকে অ্যালকোহল তৈরি হয় যাতে বিভিন্ন ড্রাগের ওষুধিগুণ অ্যালকোহল কর্তৃক শোষিত হয়।

(vi) চা, তামাক ও কফি প্রক্রিয়াজাতকরণে : *Bacillus megatherium* নামক ব্যাক্টেরিয়া, চা ও তামাক প্রক্রিয়াজাতকরণে ফার্মেন্টেশন পদ্ধতি ব্যবহার করা হয় এবং ফলে সবুজপাতা তন্ম বর্ণ প্রাপ্ত হয় এবং সুগন্ধযুক্ত হয়। কফি শিল্পেও এর প্রয়োগ আছে।

(vii) মাংস ও মাছ শিল্পে : বিভিন্ন ইস্ট ও কতিপয় ছ্বাক (*Penicillium*, *Aspergillus*), ব্যাক্টেরিয়া (*Pedicoccus cerevisiae*, *Bacillus sp.*) ফার্মেন্টেশন প্রক্রিয়াকে কাজে লাগিয়ে উৎপাদিত হচ্ছে মাংসজাত দ্রব্য, যেমন-দক্ষিণ আমেরিকায় কিউরেডহ্যাম (Curedham), মাছ হতে তৈরি জাপানে কাতসুবুশি (Katsuobushi) প্রভৃতি।

(viii) ভিটামিন তৈরিতে : থিয়ামিন ও রিবোফ্ল্যাবিন নামক ভিটামিন B₁ ও B₂ এই প্রক্রিয়ায় ইস্টের সাহায্যে তৈরি করা হয়।

(ix) ভিনেগার উৎপাদন : গুড়ের মধ্যে ইস্ট মিশিয়ে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। এতে *Acetobacter aceti* নামক ব্যাক্টেরিয়া দিয়ে জারণ ক্রিয়ায় অ্যাসেটিক অ্যাসিড বা ভিনেগার উৎপন্ন করা হয়।

(x) কোমল পানীয় শিল্পে : বিভিন্ন প্রকার কোমল পানীয়ের প্রধান উপাদান সাইটিক অ্যাসিড গাজন প্রক্রিয়ায় উৎপাদিত হয়।

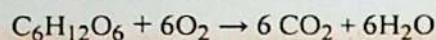
(xi) চর্ম শিল্পে : চামড়া শিল্পে চামড়া থেকে পশুর লোম উঠিয়ে ফেলার জন্য এবং চর্বি ও অন্যান্য টিস্যু আলাদা করার জন্য বিশেষ ধরনের ব্যাক্টেরিয়া (*Bacillus subtilis*) ব্যবহার করা হয়। এসব ব্যাক্টেরিয়ার গাজনের ফলে চামড়া থেকে লোম, মেদটিস্যু ইত্যাদির অপসরণ ঘটে।

অবাত শুসন ও ফার্মেন্টেশন এর মধ্যে পার্থক্য

পার্থক্যের বিষয়	অবাত শুসন	ফার্মেন্টেশন (গাজন)
১. ক্রিমাইল	এটি জীবিত কোষের মধ্যে ঘটে।	এটি জীবিত কোষের বাইরে ঘটে।
২. কোথায় হয়	উচ্চ শ্রেণির উক্তিদে হয়।	গুরুমাত্র ছ্বাক ও ব্যাক্টেরিয়ার মতো নিম্নশ্রেণীর উক্তিদে হয়।
৩. মাধ্যম	কোনো মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না।	তরল মাধ্যমের প্রয়োজন হয়।
৪. বিক্রিয়ার স্থান	এতে কোষের মধ্যে সৃষ্টি বিভিন্ন এনজাইম সরাসরি বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।	এতে কোষের মধ্যে সৃষ্টি বিভিন্ন এনজাইম কোষের বাইরে নিঃসৃত হয়ে বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।
৫. গুকোজ-এর উৎস	দেহের অভ্যন্তরীণ গুকোজ ব্যবহৃত হয়।	বাহ্যিক গুকোজ ব্যবহৃত হয়।
৬. এনজাইম প্রকৃতি	কার্বোক্সিলিজ, ডিহাইড্রোজিনেজ প্রভৃতি এনজাইমের কার্যকারিতায় ঘটে।	জাইমেজ নামক এনজাইমের কার্যকারিতায় ঘটে।
৭. উৎপন্ন বস্তুর অবস্থান	এ প্রক্রিয়ায় কোষের ভেতরে অ্যালকোহল ও CO ₂ সঞ্চিত হয়।	এ প্রক্রিয়ায় কোষের বাইরে অ্যালকোহল ও CO ₂ সঞ্চিত হয়।

শ্বসনির হার/কোশেট (Respiratory quotient/R.Q.) : শ্বসন প্রক্রিয়ায় উত্তীর্ণ যে পরিমাণ CO_2 ত্যাগ করে এবং যে পরিমাণ O_2 গ্রহণ করে তার অনুপাতকে শ্বসনির হার (R.Q) বলে। বিভিন্ন শ্বসনির বন্ধুর জন্য শ্বসনির হার বিভিন্ন রকম হয়ে থাকে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় শ্বসনির বন্ধু যদি গুকোজ হয় তবে এটি সবাত শ্বসনের মাধ্যমে ৬ অণু CO_2 ত্যাগ করে এবং ৬ অণু O_2 গ্রহণ করে।

এক্ষেত্রে শ্বসন হার নির্ণয়ের জন্য নিম্নের সমীকরণ ব্যবহার করা হয়।



$$\text{কাজেই সবাত শ্বসনের (গুকোজের) শ্বসনির হার (R.Q)} = \frac{\text{নির্গত } \text{CO}_2 \text{ এর অণুর পরিমাণ}}{\text{গৃহীত } \text{O}_2 \text{ এর অণুর পরিমাণ}}$$

$$\therefore R.Q = \frac{6\text{CO}_2}{6\text{O}_2} = \frac{6}{6} = 1$$

শ্বসন প্রক্রিয়ায় কার্বোহাইড্রেট, জৈব অ্যাসিড, চর্বি ও আমিষ শ্বসনির বন্ধু হিসেবে জারিত হয়। শ্বসনির বন্ধু ও শ্বসনের ধরনের উপর শ্বসন হার (R.Q) ভিন্ন ভিন্ন হতে দেখা যায়। যেমন-

$$\text{ম্যালিক অ্যাসিডের R.Q} = \frac{4\text{CO}_2}{3\text{O}_2} = \frac{4}{3} = 1.33$$

$$\text{ওলিক অ্যাসিডের R.Q} = \frac{36\text{CO}_2}{51\text{O}_2} = \frac{36}{51} = 0.71$$

আমিষে O_2 এর পরিমাণ কম থাকে এবং আমিষ শ্বসনির বন্ধু হিসেবে ব্যবহৃত হলে এদের R.Q এর মান। এর কম হয়ে থাকে।

শ্বসন প্রক্রিয়ার প্রভাবকসমূহ (Factors of Respiration) : নিম্নলিখিত বাহ্যিক এবং অভ্যন্তরীণ প্রভাবকসমূহ শ্বসন ক্রিয়ার উপর প্রভাব বিস্তার করে থাকে:

(ক) বাহ্যিক প্রভাবকসমূহ (External factors) :

১। **তাপমাত্রা** : শ্বসন ক্রিয়া কতগুলো রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমষ্টি, আর এ রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলোর হার বিভিন্ন উৎসেচক হারা নিয়ন্ত্রিত। যেহেতু উৎসেচকসমূহের কার্যকারিতা তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল সেহেতু তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধি শ্বসনের হারকেও নিয়ন্ত্রিত করে। তাপমাত্রা 0°C সে. থেকে 30°C সে. পর্যন্ত বাড়ার সাথে সাথে শ্বসন হারও ক্রমাগত বাড়ে। 0°C শ্বসন হার খুবই কম থাকে। সাধারণত $20^{\circ}-35^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় শ্বসন প্রক্রিয়া ভালোভাবে চলে। 45°C এর উপরের তাপমাত্রায় উৎসেচকসমূহের বিক্রিয়ার হার তখন শ্বসনের হার বেশ কমে যায়।

২। **অক্সিজেন** : পাইরুভিক অ্যাসিডের পূর্ণাঙ্গ জারণের জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন। সবাত শ্বসনে পাইরুভিক অ্যাসিড সম্পূর্ণ জারিত হয়ে CO_2 ও H_2O উৎপন্ন করে। অতএব কেবল সবাত শ্বসনেই অক্সিজেনের প্রয়োজন পড়ে।

৩। **পানি** : কতগুলো বিক্রিয়ায় পানির প্রয়োজন হয়, অতএব প্রয়োজনীয় পানি সরবরাহও শ্বসন ক্রিয়াকে প্রভাবিত করে থাকে।

৪। **আলো** : শ্বসনকার্যে আলোর প্রয়োজন পড়ে না সত্যি কিন্তু দিনের বেলায় আলোর উপস্থিতিতে পত্ররক্ত খোলা থাকায় O_2 গ্রহণ ও CO_2 ত্যাগ করা সহজ হয় বলে শ্বসন হার একটু বেড়ে যায়।

৫। **কার্বন ডাই-অক্সাইড-এর ঘনত্ব** : বায়ুতে CO_2 -এর ঘনত্ব বেড়ে গেলে শ্বসন হার কিঞ্চিং কমে যায়।

(খ) অভ্যন্তরীণ প্রভাবকসমূহ (Internal factors) :

১। **জটিল খাদ্যদ্রব্য** : সরল খাদ্য গুকোজ শ্বসন ক্রিয়ার প্রধান শ্বসনির বন্ধু। বিভিন্ন বিক্রিয়ায় কোষত্ত জটিল খাদ্যই গুকোজে রূপান্তরিত হয়। কাজেই জটিল খাদ্যদ্রব্যের পরিমাণ ও ধরন শ্বসন প্রক্রিয়ার হারকে নিয়ন্ত্রণ করে।

২। **উৎসেচক** : শ্বসন প্রক্রিয়ার বিভিন্ন বিক্রিয়ায় অসংখ্য উৎসেচক অংশগ্রহণ করে, তাদের উপস্থিতির উপরই সম্পূর্ণ শ্বসন প্রক্রিয়াটি নির্ভরশীল।

- ৩। কোষের বয়স : যে কোষে প্রোটোপ্লাজম অধিক (অল্প বয়সের) সে সব কোষ শ্বসন হার অধিক হয়।
- ৪। কোষ অঁজের লবণ : কোষে অঁজের লবণ অধিক পরিমাণে থাকলে শ্বসন হার বেড়ে যায়।
- ৫। কোষ মধ্যাত্মক পানি : কোষে প্রয়োজনীয় পানির অভাব হলে শ্বসন হার কমে যায়।
- ৬। মাটিতে অঁজের লবণ : মাটিতে NaCl , KCl , CaCl_2 ও MgCl_2 এর দ্রবণের সরবরাহ বৃদ্ধি ঘটিয়ে শ্বসন হার বৃদ্ধি করা যায়।
- ৭। অন্যান্য প্রভাবক : আঘাতপ্রাণ টিস্যুতে আঘাত নিরাময়ের জন্য কোষ বিভাজন দ্রুত হয়, ফলে শ্বসন হার বেড়ে যায়। হাত দিয়ে পাতা মৃদু ঘষে দিলে শ্বসন হার বৃদ্ধি পায়।

শ্বসনের গুরুত্ব (Importance of Respiration)

যে কোনো জীবের জীবনে শ্বসনের গুরুত্ব অপরিসীম। উত্তিদ বা প্রাণীর প্রতিটি সজীব কোষেই শ্বসন প্রক্রিয়া অব্যাহতভাবে চলতে থাকে। শ্বসন প্রক্রিয়া বৃক্ষ হওয়া মানেই জীব বা সেই জীব কোষের মৃত্যু হওয়া। নিচে উত্তিদ জীবনে শ্বসনের গুরুত্ব সম্পর্কে অতি সংক্ষেপে বর্ণনা করা হলো :

- ১। জীবের দেহে শক্তি সরবরাহ : জীবের প্রতিটি প্রক্রিয়া (যা জীবনের বৈশিষ্ট্য) পরিচালনার জন্য শক্তির প্রয়োজন, আর এ শক্তি আসে শ্বসন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে। কাজেই শক্তি উৎপাদনের মাধ্যমে জীবের সকল জৈবিক প্রক্রিয়া পরিচালিত করার মধ্যেই রয়েছে যে কোনো জীবের জীবনে শ্বসন প্রক্রিয়ার প্রকৃত গুরুত্ব।
- ২। খাদ্য প্রস্তুত : শ্বসন প্রক্রিয়ায় নির্গত CO_2 প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয় এবং খাদ্য উৎপন্ন করে। সে খাদ্য যেমন উত্তিদ জীবনকে রক্ষা করে, তেমনই আবার সমগ্র প্রাণী জগতকেও রক্ষা করে।
- ৩। খনিজ লবণ পরিশোষণ : উত্তিদের খনিজ লবণ পরিশোষণে শ্বসন প্রক্রিয়া গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। শ্বসনের হার কম হলে লবণ পরিশোষণ হার কমে যায় এবং বৃদ্ধি ও অন্যান্য জৈবিক প্রক্রিয়া ব্যাহত হয়।
- ৪। কোষ বিভাজন ও দৈহিক বৃদ্ধি : শ্বসন প্রক্রিয়ার প্রভাব কোষ বিভাজন প্রক্রিয়ার উপরও প্রতিফলিত হয়। কোষ বিভাজনের প্রয়োজনীয় শক্তি ও কিছু আনুষঙ্গিক পদার্থ শ্বসন প্রক্রিয়া হতে আসে। তাই এ প্রক্রিয়া জীবের দৈহিক বৃদ্ধিও নিয়ন্ত্রণ করে।
- ৫। তাপমাত্রা রক্ষা : শ্বসনে সৃষ্টি তাপ জীবদেহের প্রয়োজনীয় তাপমাত্রা বজায় থাকে।
- ৬। এনজাইম ও জৈব অ্যাসিড উৎপাদন : এ প্রক্রিয়া বিভিন্ন উপক্ষার ও জৈব অ্যাসিড সৃষ্টিতে সহায়তা করার মাধ্যমে জীবনের অন্যান্য জৈবিক কার্যক্রমেও সহায়তা করে।
- ৭। বায়ুমণ্ডলে CO_2 ও O_2 এর ভারসাম্য রক্ষা : সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় বায়ুমণ্ডল হতে CO_2 গৃহীত হয় এবং O_2 বর্জিত হয় কিন্তু শ্বসন প্রক্রিয়ায় বায়ুমণ্ডল হতে O_2 গৃহীত হয় এবং CO_2 বর্জিত হয়, তাই বায়ুমণ্ডলে CO_2 ও O_2 এর ভারসাম্য রক্ষিত হয়।
- ৮। শিল্পে ব্যবহার : বিভিন্ন অণুজীবের অবাত শ্বসন প্রক্রিয়াকে কাজে লাগিয়ে গড়ে উঠেছে অ্যালকোহল, মদ, সিরকা, আচার, মাছ ও মাংসের সস ইত্যাদি উৎপাদন শিল্প প্রতিষ্ঠান।
- ৯। বেকারি ও দুর্ভজাত শিল্প : বিভিন্ন অণুজীবের অবাত শ্বসন প্রক্রিয়াকে কাজে লাগিয়ে মানুষের প্রয়োজনীয় বেকারি (পাউরফটি) ও দুর্ভজাত দ্রব্যাদি (দই, পনির) উৎপাদন করা হয়।

গ্রাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার সকল এনজাইম সার্বজনীনভাবে বহু ব্যাকটেরিয়া, সকল প্রোটিস্ট, সকল ছত্রাক, সকল প্রাণী এবং সকল উত্তিদ কোষে পাওয়া যায়। এ থেকে বোঝা যায় এরা সবাই একই ধরনের জেনেটিক তথ্য তথা একই ধরনের DNA বহন করে। কাজেই এরা সবাই একই পূর্বপুরুষ থেকে উদ্ভৃত হয়েছে।

সবাত শুসন ও অবাত শুসন এর মধ্যে পার্থক্য

পার্থক্যের বিষয়	সবাত শুসন	অবাত শুসন
১. অক্সিজেন	মুক্ত অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়।	মুক্ত অক্সিজেনের প্রয়োজন হয় না।
২. পাইরিভিক অ্যাসিডের জারণ	পারভিক অ্যাসিডের সম্পূর্ণ জারণ ঘটে।	পাইরিভিক অ্যাসিডের আংশিক জারণ ঘটে।
৩. CO_2 উৎপাদন	অধিক পরিমাণ CO_2 উৎপন্ন হয় (৬ অণু)।	অল্প পরিমাণ CO_2 উৎপন্ন হয় বা আদৌ উৎপন্ন হয় না (২ অণু)।
৪. পানি উৎপাদন	পানি উৎপন্ন হয়। ($6 \text{ H}_2\text{O}$)	পানি উৎপন্ন হয় না।
৫. অ্যালকোহল ও ল্যাকটিক অ্যাসিড	উৎপন্ন হয় না।	উৎপন্ন হয়।
৬। শক্তি	ATP আকারে 36 ATP হতে 360 কিলোক্যালরি শক্তি পাওয়া যায়।	ATP আকারে 2 ATP হতে মাত্র ২০ কিলোক্যালরি শক্তি পাওয়া যায়।
৭। সংঘটনের ছান	সাইটোপ্রাজম ও মাইটোকন্ড্রিয়ার মধ্যে ঘটে।	মাইটোকন্ড্রিয়ার বাইরে অর্থাৎ সাইটোপ্রাজমে ঘটে।
৮। কোথায় ঘটে	অধিকাংশ উত্তিদ ও প্রাণিদেহে ঘটে।	কিছু অণুজীব, পরজীবী প্রাণী, বীজ প্রত্তির ক্ষেত্রে ঘটে।
৯। ATP উৎপাদন	36 টি।	2 টি।

সালোকসংশ্লেষণ ও শুসনের মধ্যে পার্থক্য

পার্থক্যের বিষয়	সালোকসংশ্লেষণ	শুসন
১। শক্তির রূপান্তর	এ প্রক্রিয়ায় আলোকশক্তি রাসায়নিক ছির শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।	এ প্রক্রিয়ায় রাসায়নিক ছির শক্তি গতি শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।
২। শক্তির অবস্থান	এ প্রক্রিয়ায় শক্তি সঞ্চিত হয়।	এ প্রক্রিয়ায় শক্তি নির্গত হয়।
৩। কোষের প্রকার	যেসব কোষে ক্লোরোপ্লাস্ট আছে কেবল সেসব কোষেই এ প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়।	সব সজীব কোষেই এ প্রক্রিয়া চলতে থাকে।
৪। সূর্যালোকের আবশ্যিকতা	সূর্যালোকের উপচ্ছিতিতে এ প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়।	দিবা-রাত্রি ২৪ ঘণ্টা এ প্রক্রিয়া চলে।
৫। প্রধান উপাদান	পানি ও CO_2 প্রধান উপাদান।	জটিল খাদ্যদ্রব্য, বিশেষ করে শর্করা ও O_2 প্রধান উপাদান।
৬। উৎপন্ন দ্রব্য	শর্করা ও O_2 উৎপন্ন হয়।	প্রধানত পানি ও CO_2 উৎপন্ন হয়। তবে CO_2 ও অ্যালকোহল এবং অনেক সময় শুধু ল্যাকটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।
৭। পদার্থের গ্রহণ ও ত্যাগ	উত্তিদ CO_2 গ্রহণ করে এবং O_2 ত্যাগ করে	উত্তিদ O_2 গ্রহণ করে এবং CO_2 ত্যাগ করে (সবাত শুসনে)।
৮। প্রক্রিয়ার ধরন	এটি একটি উপচিতি প্রক্রিয়া, তাই উত্তিদের ওজন বাড়ে।	এটি একটি অপচিতি প্রক্রিয়া, তাই উত্তিদের ওজন কমে।
৯। বিক্রিয়াঙ্গল	এ প্রক্রিয়ায় বিক্রিয়াঙ্গলে ক্লোরোপ্লাস্টে ঘটে থাকে।	এ প্রক্রিয়ায় বিক্রিয়াঙ্গলে প্রাথমিক পর্যায়ে সাইটোপ্রাজমে এবং শেষ পর্যায়ে মাইটোকন্ড্রিয়াতে ঘটে থাকে।
১০। জীবের প্রকার	ক্লোরোফিলবিশিষ্ট উত্তিদে এ প্রক্রিয়া চলে।	সব উত্তিদ ও প্রাণীতে এ প্রক্রিয়া চলে।

শুসন ও দহনের মধ্যে পার্থক্য

শুসন	দহন
১। কোষের অভ্যন্তরে সংঘটিত হয়।	১। মুক্ত বায়ুতে সংঘটিত হয়।
২। এটি একটি জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া।	২। এটি একটি ভৌত রাসায়নিক প্রক্রিয়া।
৩। অঙ্গ পরিমাণে CO_2 সৃষ্টি হয়।	৩। বেশি পরিমাণে CO_2 সৃষ্টি হয়।
৪। অপেক্ষাকৃত নিম্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।	৪। উচ্চ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।
৫। বিক্রিয়া উৎসেচক (এনজাইম) দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।	৫। বিক্রিয়া উৎসেচক (এনজাইম) দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় না।
৬। কোনো আলোকশক্তি সৃষ্টি হয় না।	৬। আলোকশক্তি সৃষ্টি হয়।
৭। ATP হিসেবে শক্তি নির্গত হয়।	৭। তাপশক্তি হিসেবে শক্তি নির্গত হয়।
৮। কয়েকটি ধাপে সংঘটিত হওয়ায় ধীরে ধীরে শক্তি নির্গত হয়।	৮। একটি ধাপে সংঘটিত হওয়ায় খুব দ্রুত শক্তি নির্গত হয়।

ব্যবহারিক : অবাত শুসনে CO_2 গ্যাসের নির্গমন পরীক্ষা।

পরীক্ষার উপকরণ : একটি টেস্টটিউব, একটি ছোট বিকার, ক্ল্যাম্পসহ একটি স্ট্যান্ড, পারদ, কিছু সিঙ্গ ছোলাবীজ, কস্টিক পটাশ টুকরা, চিমটা।

কার্য পদ্ধতি : প্রথমে বিকারের অর্ধেক পরিমাণ পারদপূর্ণ করে নিতে হবে। পরে টেস্টটিউবটি সম্পূর্ণভাবে পারদপূর্ণ করে এর মুখ হাতের বুড়ো আঙুল দিয়ে চেপে ধরে বিকারে উপুর করে রাখতে হবে। এবার টেস্টটিউবটি স্ট্যান্ডের সাথে ক্ল্যাম্প দিয়ে এমনভাবে আটকাতে হবে যেন টেস্টটিউবের মুখ বিকারের তল স্পর্শ না করে অথচ পারদের মধ্যে ডুবানো থাকে। এবার কিছু খোসা ছড়ানো অক্ষুরিত ছোলাবীজ চিমটা দিয়ে

ধরে খুব সাবধানতার সাথে একটি একটি করে

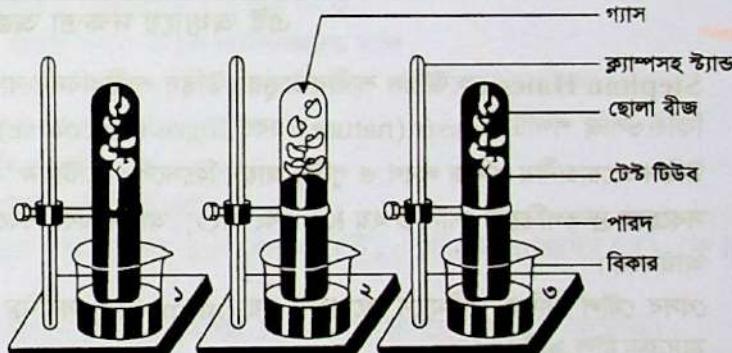
পারদের ভেতর দিয়ে টেস্টটিউবে ঢুকাতে হবে।
বীজগুলো পারদের উপরে চলে আসবে।

পর্যবেক্ষণ : কিছুক্ষণ পর দেখা যাবে টেস্টটিউবে পারদের উপরিতল ধীরে ধীরে নিচে নেমে আসছে।

বিশ্লেষণ : টেস্টটিউবে পারদের উপরিতল নিচে নেমে আসছে কেন? কারণ উক্ত সময়ে কোনো একটি গ্যাস সৃষ্টি হয়ে টেস্টটিউবে জমা হয়েছে এবং ঐ গ্যাসের চাপে পারদের তল নিচে নেমে আসছে। গ্যাসটি কী তা জানার জন্য

এবার এক টুকরা কস্টিক পটাশ টেস্টটিউবে ঢুকিয়ে দিতে হবে। দেখা গেল টেস্টটিউবটি পুনরায় পারদপূর্ণ হয়েছে, কারণ কস্টিক পটাশ টুকরা গ্যাসটি শোষণ করে নিয়েছে।

সিঙ্গাস্ট : আমরা জানি, কস্টিক পটাশ CO_2 গ্যাস শোষণ করে থাকে, কাজেই টেস্টটিউবে যে গ্যাস জমা হয়েছিল তা ছিল CO_2 । আমরা জানি, শুসন প্রক্রিয়ায় CO_2 তৈরি হয়, কাজেই ছোলাবীজে শুসনক্রিয়া অব্যাহত ছিল। পারদের ভেতরে বাতাস থাকতে পারে না, কাজেই শুসন ক্রিয়া চলেছিল বাতাসমুক্ত অবস্থায়, অর্থাৎ এটি ছিল অবাত শুসন প্রক্রিয়া।



৯.৩৪ : অবাত শুসনে CO_2 গ্যাস নির্গত হওয়ার পরীক্ষা।

সার-সংক্ষেপ

পত্ররক্ত : Stomata-এর বাংলা প্রতিশব্দ করা হয়েছে পত্ররক্ত। এই রক্ত পাতায় অধিক থাকে বলেই এরপ বাংলা প্রতিশব্দ করা হয়েছে। পাতায় (সাধারণত নিম্নত্বকে) অবস্থিত দুটি রক্ষীকোষ দ্বারা বেষ্টিত রক্তের নাম পত্ররক্ত। পত্ররক্ত বন্ধ হতে পারে, আবার খুলেও যেতে পারে। পানি শোষণ করে রক্ষীকোষদ্বয় স্ফীত হলে পত্ররক্ত খুলে যায়, আবার পানি হারিয়ে রক্ষীকোষদ্বয় শিখিল হলে পত্ররক্ত বন্ধ হয়ে যায়। পত্ররক্তের মাধ্যমে পানি বাস্পাকারে বের হয়ে যায়। উজ্জিদ জীবনে পত্ররক্তের গুরুত্ব অপরিসীম।

প্রবেদন : প্রবেদন একটি শারীরতত্ত্বিক প্রক্রিয়া। এই প্রক্রিয়ায় উজ্জিদের দেহাভ্যন্তর থেকে পানি বাস্পাকারে বের হয়ে যায়। বাস্প বের হয়ে যাওয়ার পথের ভিন্নতা অনুযায়ী প্রবেদন তিন প্রকার, যথা- পত্ররক্তীয় প্রবেদন, লেন্টিকুলার প্রবেদন

এবং কিউটিকুলার প্রবেদন। অধিকাংশ উভিদে দিনের আলোতে পত্ররক্ত খোলা থাকে এবং প্রবেদন ঘটে। মরুভূমির মতো প্রথর সূর্যালোকের এলাকায় সাধারণত পত্ররক্ত দিনে বন্ধ থাকে এবং রাত্রে খোলা থাকে, তাই মরু উভিদে প্রবেদন রাত্রে হয়ে থাকে। এটি উভিদের একটি অভিযোজন বৈশিষ্ট্য।

ফটোফসফোরাইলেশন : আলোকশক্তির সাহায্যে কোনো যৌগের সাথে ফসফেট সংযুক্তি প্রক্রিয়া হলো ফটোফসফোরাইলেশন। প্রকৃতপক্ষে সূর্যশক্তির সাহায্যে ADP-এর সাথে এক অণু ফসফেট সংযুক্ত হয়ে ATP তৈরি হওয়ার নামই ফটোফসফোরাইলেশন। অচক্রীয় ও চক্রীয়—এই দুই প্রক্রিয়ায় ফটোফসফোরাইলেশন হয়ে থাকে। উভিদের জীবনে ফটোফসফোরাইলেশন প্রক্রিয়া অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ, কারণ এই প্রক্রিয়ায় সৃষ্টি ATP ব্যবহার করে সবুজ উভিদ শর্করা জাতীয় খাদ্য প্রস্তুত করে থাকে। সবুজ উভিদ কর্তৃক প্রস্তুতকৃত খাদ্যের উপর উভিদসহ সমগ্র জীবজগৎ নির্ভরশীল।

সালোকসংশ্লেষণ : সালোকসংশ্লেষণ হলো সবুজ উভিদ কর্তৃক শর্করা জাতীয় খাদ্য প্রস্তুত প্রক্রিয়া। এ প্রক্রিয়ায় সবুজ উভিদের ক্লোরোফিল সূর্যালোকের শক্তিকে ATP ও NADPH + H⁺ নামক রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে এবং রাসায়নিক শক্তিকে কাজে লাগিয়ে কার্বোহাইড্রেট তথা শর্করা জাতীয় খাদ্য প্রস্তুত করে। এ প্রক্রিয়ায় CO₂ গৃহীত হয় এবং O₂ উপজাত হিসেবে বের হয়ে যায়। সালোকসংশ্লেষণের আলোক নির্ভর অধ্যায়ে ATP ও NADPH + H⁺ তৈরি হয় এবং আলোক নিরপেক্ষ অধ্যায়ে শর্করা জাতীয় খাদ্য প্রস্তুত হয়। এ খাদ্যের উপর সমগ্র জীবজগৎ নির্ভরশীল।

গ্রাইকোলাইসিস : শুসনের প্রাথমিক ধাপ হলো গ্রাইকোলাইসিস। এ প্রক্রিয়ায় এক অণু গুকোজ বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জারিত হয়ে দুই অণু পাইরুভিক অ্যাসিড তৈরি করে। পাইরুভিক অ্যাসিড পরে সবাত শুসনে অ্যাসিটাইল Co-A সৃষ্টির মাধ্যমে ক্রেবস চক্র ও ETC-এ প্রবেশ করে শক্তি ও O₂ উৎপন্ন করে। গ্রাইকোলাইসিস কোষের সাইটোপ্লাজমে সংঘটিত হয়।

এই অধ্যায়ে দক্ষতা অর্জন

- ১। Stephan Hales কে উভিদ শারীরতত্ত্বে (উভিদ শারীরবিদ্যা বা প্ল্যান্ট ফিজিওলজি) জনক বলা হয়।
- ২। ফিজিওলজি শব্দটি *Physis* (nature) এবং *Logos* (discourse) নামক দুটি গ্রিক শব্দ থেকে উদ্ভৃত।
- ৩। উভিদ প্রয়োজনীয় খনিজ লবণ ও পুষ্টি, আয়ন হিসেবে (ক্যাটায়ন ‘+’ বা অ্যানায়ন ‘-’) শোষণ করে নেয়।
- ৪। সবচেয়ে দ্রুতগতিতে শোষিত হয় K⁺ এবং NO₃⁻ আয়ন এবং সবচেয়ে মন্ত্রণ গতিতে শোষিত হয় Ca²⁺ এবং SO₄²⁻ আয়ন।
- ৫। যেসব মৌল অধিক পরিমাণে প্রয়োজন হয় (m mol/kg সর্বনিম্ন ৩০) তা হলো ম্যাক্রোমৌল বা বৃহৎ উপাদান। ম্যাক্রোমৌল ৯টি।
- ৬। যেসব মৌল অল্প পরিমাণে প্রয়োজন হয় (m mol/kg ৩ বা তার কম) তা হলো মাইক্রোমৌল। মাইক্রোমৌল ৮টি।
- ৭। সবচেয়ে বেশি প্রয়োজন হাইড্রোজেন, ৬০,০০০ m mol/kg এবং সবচেয়ে কম প্রয়োজন মলিবডেলাম, ০.০০০১ m mol/kg।
- ৮। ম্যাক্রোমৌলগুলো মনে রাখার সহজ উপায় হলো “NKCafe for Magnesium CHOPS।
- ৯। সক্রিয় ও নিন্ত্রিয় এই দুই উপায়ে উভিদে খনিজ লবণ শোষিত হয়।
- ১০। ঘনত্বের আন্তরি বিপরীতে বিপরীত শক্তি খরচ করে যে শোষণ ঘটে তা হলো সক্রিয় পরিশোষণ।
- ১১। ব্যাপন, আয়ন-বিনিময়, ডোন্যান সাম্যাবস্থা এবং ব্যাপক প্রবাহ এই চার পদ্ধতিতে নিন্ত্রিয় পরিশোষণ ঘটে থাকে।
- ১২। উভিদের বায়বীয় অঙ্গ হতে প্রয়োজনের অতিরিক্ত পানি বাস্পাকারে বের হয়ে যাওয়ার প্রক্রিয়াকে প্রবেদন বলে। প্রবেদন একটি শারীরতাত্ত্বিক প্রক্রিয়া।
- ১৩। পাতার (কচি কাও, ফুলের বৃত্তি, পাপড়ি) বহিত্তুকে অবস্থিত দুটি রক্ষীকোষ দিয়ে পরিবেষ্টিত সৃষ্টি রক্তকে পত্ররক্ত বা স্টোম্যাট বলা হয়।
- ১৪। পত্ররক্তের মাধ্যমে উভিদ ও বায়ুমণ্ডলের মধ্যে CO₂ ও O₂ গ্যাস বিনিময় হয়, উভিদেহ থেকে অতিরিক্ত পানি বাস্পাকারে বের হয়ে যায়, রক্ষীকোষে সালোকসংশ্লেষণ ঘটে।
- ১৫। পত্ররক্ত খোলা ও বন্ধ হওয়াতে আলোকবর্ণালির নীল আলো ও K⁺ আয়ন মুখ্য ভূমিকা পালন করে।

- ১৬। একই তাপমাত্রা ও একই বায়ুমণ্ডলীয় চাপে কোনো পদার্থের অধিকতর ঘন স্থান থেকে কম ঘন স্থানের দিকে বিস্তার লাভ প্রক্রিয়াকে ব্যাপন বলা হয়।
- ১৭। কল্পয়েড জাতীয় শুক বা আধাশুক পদার্থ কর্তৃক তরল পদার্থ শোষণ প্রক্রিয়াকে ইমবাইবিশন বলে।
- ১৮। সূর্যালোকের গতি শক্তিকে সঞ্চিত স্থির রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরের প্রক্রিয়াকে সালোকসংশ্লেষণ বা ফটোসিনথেসিস বলা হয়।
- ১৯। সূর্যালোকের উদ্বীপনায় ক্লোরোপ্লাস্টের থাইলাকয়েডের অভ্যন্তরে পানি ভেঙ্গে অক্সিজেন, প্রোটন ও ইলেক্ট্রন উৎপন্ন হওয়ার প্রক্রিয়াকে বলা হয় ফটোলাইসিস বা পানির সালোকবিভাজন।
- ২০। পানির সালোকবিভাজন ফটোসিস্টেম II। এর সাথে সংশ্লিষ্ট; এর ফলেই ফটোসিনথেসিস প্রক্রিয়ায় O_2 নির্গত হয়।
- ২১। Photon (ফোটন) হলো আলোকশক্তির একটি প্যাকেট বা দৃশ্যমান আলোর একটি কৃয়ান্ত্রাম (quantum)।
- ২২। ক্লোরোফিল অণুসমূহ এবং এর সাথে সংশ্লিষ্ট ইলেক্ট্রন গ্রহীতাসমূহ এক সাথে একটি ইউনিট (একক) হিসেবে অবস্থান করে, এই ইউনিটকে ফটোসিস্টেম বলে।
- ২৩। প্রকৃত কোষী উত্তিদে দুই প্রকার ফটোসিস্টেম থাকে, যথা—ফটোসিস্টেম-I (PS-I) এবং ফটোসিস্টেম-II (PS-II)।
- ২৪। একটি ফটোসিস্টেমের ৩টি অংশ থাকে, যথা—(i) আলোক শোষণ অংশ, (ii) বিক্রিয়া কেন্দ্র এবং (iii) ইলেক্ট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইন (ETC)।
- ২৫। দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য হলো ৩৯০ nm (বেগনির শুরু) থেকে ৭৬০ nm (লাল-এর শেষ)।
- ২৬। দৃশ্যমান আলোর সাত বর্ণের আলোকচূটাকে লাইট স্পেক্ট্রাম বা আলোকবর্ণালি বলে।
- ২৭। কোনো বস্তুর ওপর পতিত আলোর শোষিত পরমাণুকে অ্যাবজর্পশন স্পেক্ট্রাম বা শোষণবর্ণালি বলা হয়।
- ২৮। সালোকসংশ্লেষণে ATP তৈরি হয় থাইলাকয়েড মেম্ব্রেনের স্টেমার দিকে।
- ২৯। ক্লোরোপ্লাস্টের স্ট্রোমাতে যে খলে সাদৃশ্য অঙ্গাণ থাকে তাকে থাইলাকয়েড বলে।
- ৩০। সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় আলোকশক্তি ব্যবহার করে ATP তৈরি প্রক্রিয়াকে ফটোফসফোরাইলেশন বলে।
- ৩১। কোনো বস্তুর সাথে ফসফেট সংযুক্ত হওয়াকে ফসফোরাইলেশন বলে।
- ৩২। ফসফোরাইলেশনের ফলে ঐ বস্তু অধিক রিআকটিভ হয়।
- ৩৩। কার্বন বিজ্ঞারণের বিক্রিয়াসমূহ ক্লোরোপ্লাস্টের স্ট্রোমাতে ঘটে।
- ৩৪। ক্যালভিন চক্রের CO_2 গ্রহীতা হলো RuBP (রাইবুলোজ 1,5-বিসফসফেট)। কুবিকো এনজাইম CO_2 কে RuBP এর সাথে সংযুক্ত হতে সাহায্য করে।
- ৩৫। ক্যালভিন চক্রে উৎপন্ন প্রথম স্থায়ী পদার্থ হলো তিনি কার্বনবিশিষ্ট 3PGA (3-ফসফেন্ট্রিসারিক অ্যাসিড)।
- ৩৬। যেসব উত্তিদে তিনি কার্বনবিশিষ্ট 3PGA-এর মাধ্যমে কার্বন বিজ্ঞারণের সূচনা ঘটে সেসব উত্তিদকে C_3 উত্তিদ বলা হয়। অধিকাংশ উত্তিদই C_3 উত্তিদ।
- ৩৭। Hatch & Slack গতিপথে CO_2 গ্রহীতা হলো ফসফোইনোল পাইরুভিক অ্যাসিড এবং প্রথম উৎপন্ন স্থায়ী পদার্থ হলো চার কার্বনবিশিষ্ট অক্সালো অ্যাসিটিক অ্যাসিড, তাই এই চক্র সম্পন্নকারী উত্তিদ হলো C_4 উত্তিদ।
- ৩৮। সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় (i) তাপমাত্রা, (ii) আলোর তীব্রতা এবং (iii) CO_2 এর ঘনত্ব—এই তিনিটি লিমিটিং ফ্যাক্টর হিসেবে কাজ করে।
- ৩৯। সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় লাল ও নীল আলো সর্বাধিক সত্ত্বারী।
- ৪০। শ্বসন হলো শক্তি নির্গমনকারী কতিপয় জারণ-বিজ্ঞারণ বিক্রিয়ার সমষ্টি।
- ৪১। মাইটোকলিয়া হলো শ্বসন ক্ষুদ্রাঙ্গ।
- ৪২। শ্বসন প্রক্রিয়ায় যেসব যৌগিক বস্তু জারিত হয়ে সরল বস্তুতে পরিণত হয় সেসব বস্তুই শ্বসনিক বস্তু।
- ৪৩। শ্বসন দুই প্রকার; যথা—(i) সবাত শ্বসন এবং (ii) অবাত শ্বসন।
- ৪৪। এক অণু গুকোজ জারিত হয়ে দুই অণু পাইরুভিক অ্যাসিড-এ পরিণত হওয়ার প্রক্রিয়াকে বলা হয় গ্রাইকোলাইসিস।
- ৪৫। গুকোজ অণু ৬-কার্বনবিশিষ্ট, পাইরুভিক অ্যাসিড অণু ৩-কার্বনবিশিষ্ট।
- ৪৬। মোট নয়টি বিক্রিয়ায় গ্রাইকোলাইসিস সম্পন্ন হয়, এর মধ্যে ১,৩ এবং শেষ, এই ৩টি বিক্রিয়া একমুখী।

- ৪৭। গ্রাইকোলাইসিস কোষের সাইটোপ্লাজমে সম্পন্ন হয় এবং এজন্য প্রয়োজনীয় সবগুলো এনজাইমই দ্রবণীয় এবং সাইটোপ্লাজমেই থাকে ।

৪৮। গ্রাইকোলাইসিস প্রক্রিয়াতে উৎপন্ন হয় ৪ অণু ATP; ২ অণু NADH + H⁺ এবং দুই অণু পাইরুভিক অ্যাসিড; আর খরচ হয় এক অণু গুকোজ এবং ২ অণু ATP ।

৪৯। গ্রাইকোলাইসিস সম্পন্ন হয় কোষের সাইটোপ্লাজমে কিন্তু পরবর্তী প্রক্রিয়া সম্পন্ন হয় কোষত্ত মাইটোকন্ড্রিয়াতে ।

৫০। পাইরুভিক অ্যাসিড থেকে (মাইটোকন্ড্রিয়ার অভ্যন্তরে) অ্যাসিটাইল Co-A সৃষ্টি প্রক্রিয়াকে লিংক রিঅ্যাকশন বলে ।

৫১। এক অণু পাইরুভিক অ্যাসিড হতে সবাত শ্বসনে ৩-অণু CO₂, ৮-অণু NADH + H⁺, ১-অণু FADH₂ এবং ১-অণু ATP উৎপন্ন হয় ।

৫২। এক অণু গুকোজ হতে সবাত শ্বসনে উৎপন্ন হয় ১০-অণু NADH + H⁺, ২-অণু FADH₂, ৮-অণু ATP এবং ৬-অণু CO₂ ।

৫৩। আমাদের পেশিকোষ O₂ বিহীন অবস্থায় কিছু ATP উৎপন্ন করতে পারে কিন্তু শ্বায়কোষ তা পারে না, কারণ শ্বায়কোষ ফার্মেটেশনের কোনো এনজাইম থাকে না ।

৫৪। শ্বসন প্রক্রিয়ায় উভিদ যে পরিমাণ CO₂ ত্যাগ করে এবং যে পরিমাণ O₂ গ্রহণ করে তার অনুপাতকে শ্বসনিক কোশেন্ট (শ্বসন-হ্যার) বলে । গুকোজের শ্বসনিক কোশেন্ট $\frac{6 \text{ CO}_2}{6 \text{ O}_2} = 1$ ।

৫৫। বায়োলজিতে সবচেয়ে শক্তিশালী অক্সিডেন্ট হলো P680⁺

৫৬। ক্লোরোফিল এটমে শক্তির উচ্চ বলয় হতে e⁻ প্রাথমিক ইলেক্ট্রনথারীতা গ্রহণ করলে ফটোসিনথেসিস-এর সূচনা ঘটে ।

৫৭। প্রকৃতিতে অবস্থিত ক্ষুদ্রতম রোটারি মটর হলো ATP synthase-এর মাথার ঘূর্ণন অংশ ।

৫৮। পথিবীতে প্রতি বছর কুবিকে এনজাইম ১০০ বিলিয়ন টন CO₂ কে কার্বোহাইড্রেটে রূপান্তরিত করে ।

ଅନୁଶୀଳନୀ

বহনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

ଉଦ୍ଧିପକ୍ତି ପଡେ ୩ ଓ ୪ ନଂ ଅଶ୍ଵେର ଉତ୍ତର ଦାଓ ।

‘A’ জীবটি O_2 -এর দ্বারা শ্বসন প্রক্রিয়া সম্পন্ন করে কিন্তু ‘B’ জীবটি O_2 ছাড়া শ্বসন সম্পন্ন করে।

- ### ৩। 'A' জীবের শুসন্নের ধাপ হলো—

- (i) প্রাইকোলাইসিস।
 - (ii) পাইরনিক অ্যাসিডের অসম্পূর্ণ জারণ।
 - (iii) ক্রেবস চক্র।