

ইউনিট ১৪

শ্বসন

প্রত্যেক সজীব কোষে সবসময় বিভিন্ন প্রকার জীবজ ক্রিয়া বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। এ সব ক্রিয়া বিক্রিয়ার জন্য শক্তির প্রয়োজন হয়। এ প্রয়োজনীয় শক্তি কোষে অবস্থিত বিভিন্ন প্রকার খাদ্যদ্রব্য, তথা কার্বোহাইড্রেট (শর্করা), প্রোটিন (আমিষ) ও লিপিড এর মাঝে যে স্থিতিশক্তি থাকে তা বিশেষ শারীরিক (জৈব রাসায়নিক) প্রক্রিয়ায় গতিশক্তি ও তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এ গতিশক্তি (kinetic energy) ব্যয় করে জীবদেহের সকল প্রকার জীবজ ক্রিয়া সম্পন্ন হয়।

উপরোক্ত তিন প্রকার খাদ্যদ্রব্যের মধ্যে কার্বোহাইড্রেট ই প্রধানত শক্তির প্রধান উৎস, এ ছাড়া তৈল উৎপাদনকারী উদ্ভিদের বীজে এবং আমিষ উৎপাদনকারী উদ্ভিদের বীজে লিপিড ও প্রোটিন শক্তির প্রাথমিক উৎস।

পাঠ- ১ : ধারণা

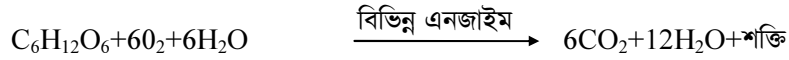
এ পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

- ◆ শ্বসনের সংজ্ঞা দিতে পারবেন।
- ◆ উদ্ভিদের শ্বসনস্থল উল্লেখ করতে পারবেন।
- ◆ শ্বসনের প্রকারভেদ বর্ণনা করতে পারবেন।

শ্বসনের সংজ্ঞা : যে জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় জীবদেহের কোষে অবস্থিত জটিল যৌগিক খাদ্যদ্রব্য জারিত হয়ে সরল দ্রব্যে পরিণত হয় এবং শক্তি উৎপন্ন করে তাকে শ্বসন (respiration) বলে। শ্বসনের সময় খাদ্যদ্রব্য জারিত হয়। শ্বসন একটি তাপমোটা প্রক্রিয়া।

জৈব খাদ্যদ্রব্যের জারণ অক্সিজেনের উপস্থিতি অথবা অণুপস্থিতিতে হতে পারে। তবে উদ্ভিদে প্রধানত শ্বসন প্রক্রিয়া অক্সিজেনের উপস্থিতিতে হয়। যদি শ্বসন অক্সিজেনের উপস্থিতিতে সম্পন্ন হয় তখন তাকে সবাত শ্বসন বলে। শ্বসন অক্সিজেনের অণুপস্থিতিতে হলে তাকে অবাত শ্বসন বলে।

একটি ছয় কার্বন বিশিষ্ট কার্বোহাইড্রেট, গ্লুকোজ, যদি প্রাথমিক শ্বসনিক বস্তু হয় তাহলে সবাত শ্বসনে গ্লুকোজ সম্পূর্ণভাবে জারিত হয়ে প্রচুর শক্তি উৎপন্ন করে। এই সবাত শ্বসনের রাসায়নিক সমীকরণটি নিম্নরূপ



শ্বসন কোথায় এবং কখন হয়

শ্বসন প্রতিটি সজীব কোষে, দিন ও রাত্রির সর্বসময়ে, ঘটে। কোষের সাইটোপ্লাজম বা সাইটোসল (cytosol) এবং কোষস্থ মাইটোকন্ড্রিয়া নামক অঙ্গানুতে সবাত শ্বসন হয়। অবাত শ্বসন হয় সাইটোপ্লাজমে।

সবাত ও অবাত শ্বসনে খাদ্যদ্রব্য জারিত হয়ে যে রাসায়নিক শক্তি উৎপাদন করে তা কোষের বিভিন্ন কার্য সম্পাদন করার জন্যে প্রধানত ATP হিসাবে তৈরি ও পরবর্তীতে ব্যবহৃত হয়। সেজন্য ATP কে জৈবনিক মুদ্রা বা biological coin বলা হয়।

সবাত শ্বসনের এক অণু গ্লুকোজ সম্পূর্ণ জারণের সর্বশেষ ধাপ কোষের মাইটোকন্ড্রিয়াতে হয় এবং অন্যান্য উচ্চশক্তিসম্পন্ন রাসায়নিক পদার্থ ATP তে রূপান্তরিত হয় এবং সেজন্য মাইটোকন্ড্রিয়াকে কোষের শক্তিঘর বা powerhouse of a cell বলে।

শ্বসনিক বস্তু : শ্বসন প্রক্রিয়ায় কোষে অবস্থিত যে যৌগিক প্রাণরাসায়নিক বস্তুসমূহ জারিত হয়ে সরল প্রাণরাসায়নিক অথবা কার্বন ডাই-অক্সাইড ও পানিতে পরিণত হয় সে সব যৌগিক প্রাণরাসায়নিক বস্তুকে শ্বসনিক বস্তু বলে।

আগেই বলা হয়েছে প্রধানত শর্করা, আমিষ ও তৈল অথবা চর্বি জাতীয় বস্তু শ্বসনিক বস্তু হিসাবে ব্যবহৃত হয়। সালোকসংশ্লেষণ অধ্যায়ে বলা হয়েছে সূর্যের আলোক রশ্মিতে যে আলো শক্তি থাকে তা সালোকসংশ্লেষণ ও পরবর্তী বিক্রিয়ার মাধ্যমে খাদ্যদ্রব্য বস্তুসমূহে রাসায়নিক স্থিতিশক্তি হিসাবে জমা থাকে এবং শ্বসনের ফলে স্থিতিশক্তি গতিশক্তি হিসাবে নির্গত হয়।

শ্বসন ও শক্তি

এক গ্রাম অণু বা এক গ্রাম মোল অর্থাৎ ১৮০ গ্রাম গ্লুকোজ ($C_6H_{12}O_6$; $C=12 \times 6=72$; $H=1 \times 12=12$; $O=16 \times 6=96$; $72+12+96=180$) ভৌত পদ্ধতিতে (physical process) সম্পূর্ণভাবে জারিত হলে (দহনপ্রক্রিয়া) ৬৮৬ kcal তাপশক্তি উৎপন্ন করে। কিন্তু জৈব পদ্ধতিতে (biological process) সবাত শ্বসনে সম্পূর্ণভাবে জারিত হলে নীট ৩৮ টি ATP উৎপন্ন করতে পারে। প্রতি ATP তে গড়ে ১০ Kcal হিসাবে হয় ৩৮০ Kcal.

শ্বসন ও দহন

দহন একটি অজৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া। এ প্রক্রিয়ায় অজৈব বা জৈব জটিল বস্তু অক্সিজেনের উপস্থিতিতে জারিত হয়ে তাপশক্তি ও আলোকশক্তি উৎপন্ন করে। দহন প্রক্রিয়ায় শক্তির দ্রুত মুক্তি বা রূপান্তর ঘটে। দহন প্রক্রিয়া ভৌত প্রক্রিয়া। এটা কোষে ঘটে না তাই প্রোটোপ্লাজম দ্বারা নিয়ন্ত্রিত নয় এবং এখানে এনজাইমের কোন ভূমিকা নাই। সূত্রাং যে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় কোন বস্তু প্রোটোপ্লাজম ও উৎসেচকের নিয়ন্ত্রণ ব্যতীত অক্সিজেনের উপস্থিতিতে জারিত হয়ে তাপ ও আলোক উৎপন্ন করে এবং শক্তির দ্রুত মুক্তি ঘটায় তাকে দহন বলে।

অপরপক্ষে শ্বসন একটি জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া। এ প্রক্রিয়ায় শুধুমাত্র জৈব জটিল বস্তুসমূহ অক্সিজেনের উপস্থিতি বা অণুপস্থিতিতে জারিত হয়ে তাপ ও শক্তি সম্পন্ন জৈব রাসায়নিক দ্রব্য উৎপন্ন করে। শ্বসন প্রক্রিয়া অনেক ধাপে সংঘটিত হয়। শ্বসন প্রক্রিয়া প্রোটোপ্লাজম ও উৎসেচক দ্বারা নিয়ন্ত্রিত।

শ্বসনের প্রকারভেদ

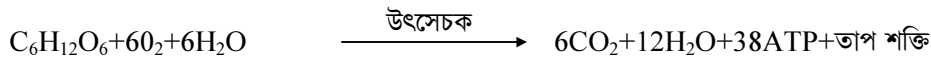
অক্সিজেনের প্রয়োজনীয়তার উপর নির্ভর করে শ্বসন প্রক্রিয়াকে দুভাগে ভাগ করা হয়—

যথা : (ক) সবাত শ্বসন বা বায়বীয় শ্বসন (aerobic respiration) ও (খ) অবাত শ্বসন, অবায়বীয় শ্বসন (anaerobic respiration)।

(ক) সবাত শ্বসন

যে শ্বসন প্রক্রিয়ায় অক্সিজেনের প্রয়োজন হয় এবং শ্বসনিক বস্তু সম্পূর্ণভাবে জারিত হয়ে CO_2 , H_2O এবং জৈবনিক শক্তি ও তাপশক্তি উৎপন্ন করে তাকে সবাত শ্বসন বলে।

যদি গ্লুকোজ শ্বসনিক বস্তু হয় তাহলে সবাত শ্বসনের রাসায়নিক সংকেত নিম্নরূপ—



এ পর্যায়ের সবকটি ধাপ কোষে সংগঠিত হয়। গ্লুকোজের সম্পূর্ণ জারণ পদ্ধতি চারটি পর্যায়ে ঘটে থাকে। যেমন—

(ক) গ্লাইকোলাইসিস

(খ) অ্যাসিটাইল কো অর উদ্ভব

(গ) ক্রেবস চক্র/ট্রাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড চক্র/সাইট্রিক অ্যাসিড চক্র

(ঘ) প্রাণী জারণ/প্রাণী শ্বসন/শ্বসনে ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্র

খ) অবাত শ্বসন

যে শ্বসন অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে ঘটে তাকে অবাত শ্বসন বলে। অবাত শ্বসনকে দুটি পর্যায়ে ভাগ করা যায়- ক) গ্লাইকোলাইসিস ও পাইরুভিক অ্যাসিডের অসম্পূর্ণ জারণ।

সারসংক্ষেপ

- ◆ যে জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় জীবদেহের কোষে অবস্থিত জটিল যৌগিক খাদ্যদ্রব্য জারিত হয়ে সরল দ্রব্যে পরিণত হয় এবং শক্তি উৎপন্ন করে তাকে শ্বসন বলে।
- ◆ জীবের প্রত্যেক সজীব কোষে দিন-রাত্রি সবসময় শ্বসন ঘটে। কোষের সাইটোপ্লাজম ও মাইটোকন্ড্রিয়াতে সবাত শ্বসন ঘটে। অন্যদিকে কোষের সাইটোপ্লাজমে অবাত শ্বসন ঘটে।
- ◆ শর্করা, আমিষ তৈল বা চর্বি ইত্যাদি শ্বসন প্রক্রিয়ায় শ্বসনিক বস্তু হিসেবে ব্যহৃত হয়। এক গ্রাম অণু গ্লুকোজ সম্পূর্ণরূপে জারিত হলে নীচ ৩৮টি ATP উৎপন্ন হয়।
- ◆ শ্বসন প্রক্রিয়া দুপ্রকার- ক) সবাত শ্বসন ও অবাত শ্বসন।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

১। সবাত শ্বসন কোষের কোন অংশে ঘটে?

ক. রাইবোজোম

খ. মাইটোকন্ড্রিয়া

গ. নিউক্লিয়াস

ঘ. গলগি বস্তু

২। সবাত শ্বসন কয়টি ধাপে সম্পন্ন হয়?

ক. চারটি

খ. তিনটি

গ. দুটি

ঘ. পাঁচটি

৩। নিচের কোনটি শ্বসনিক বস্তু নহে?

ক. আমিষ

খ. চর্বি

গ. পানি

ঘ. শর্করা

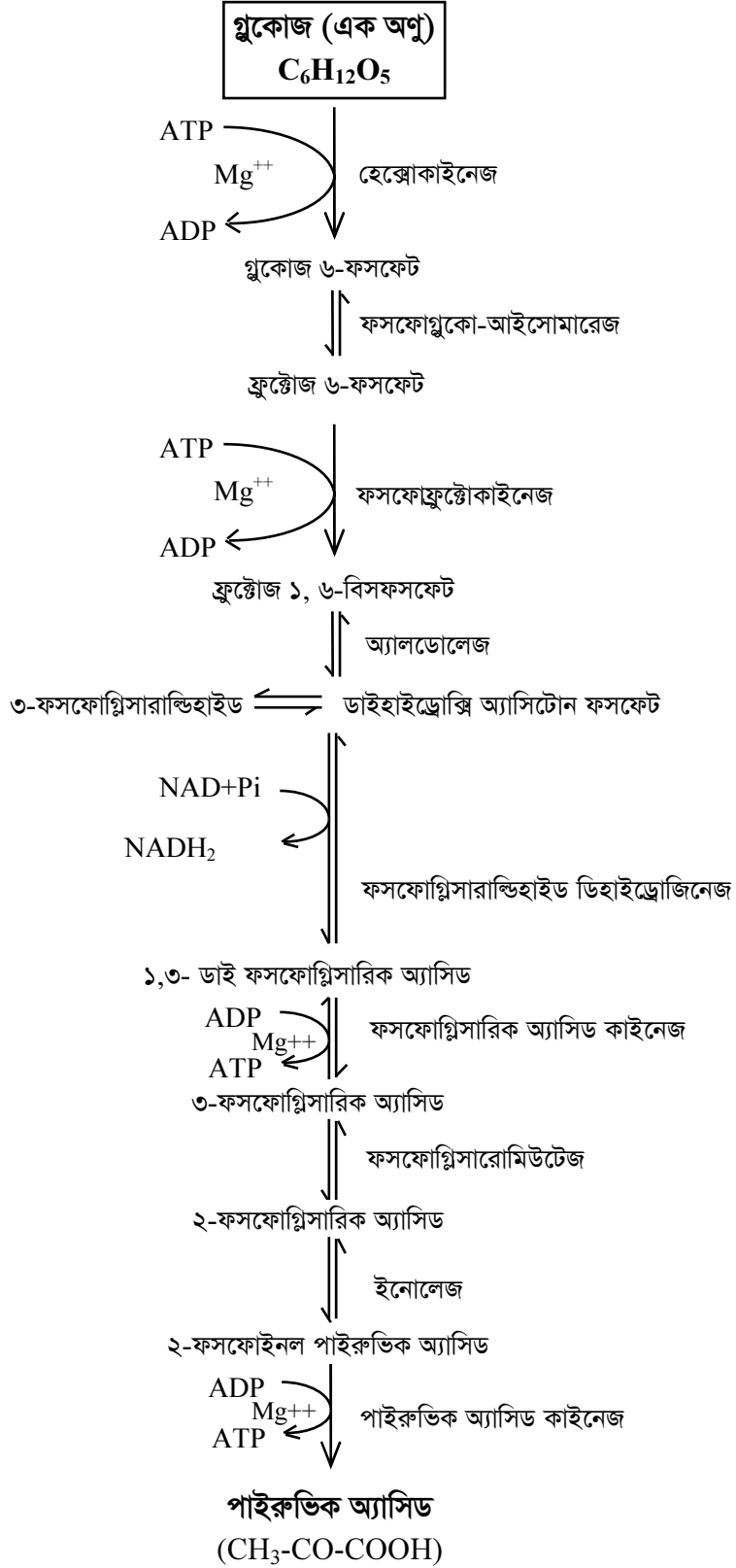
পাঠ- ২ : গ্লাইকোলাইসিস

এ পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

- ◆ গ্লাইকোলাইসিস কি তা উল্লেখ করতে পারবেন।
- ◆ গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়া বর্ণনা করতে পারবেন।
- ◆ সম্পূর্ণ গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়াকে ছক আকারে দেখাতে পারবেন।

শ্বসনের প্রথম পর্যায়ে ছয় কার্বন বিশিষ্ট মনোস্যাকারাইড (যথা গ্লুকোজ, ফ্রুক্টোজ) কোষের সাইটোপ্লাজমে ১০টি ধাপের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জারিত হয় এবং শেষ ধাপে দু অণু ৩-কার্বন বিশিষ্ট পাইরুভিক অ্যাসিড তৈরি করে। এই প্রক্রিয়াটি সবাত ও অবাত দুধরনের শ্বসনের প্রথম পর্যায়। এটি বিজ্ঞানী Embden, Mayerhof এবং Parnas নামক তিন বিজ্ঞানী আবিষ্কার করেন এবং সেজন্য গ্লাইকোলাইসিস পর্যায়কে Embden - Mayerhof - Parnas পথ বা EMP pathway নামেও অভিহিত করা হয়।

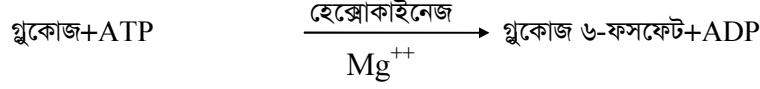
গ্লুকোজকে শ্বসনিক বস্তু হিসাবে গণ্য করলে গ্লাইকোলাইসিসের ধাপগুলো নিম্নরূপ—



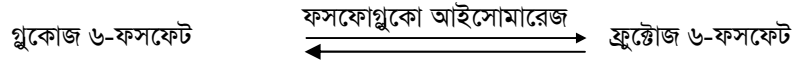
চিত্র ১৪.১ : গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার ধাপসমূহ

নিচে গ্লাইকোলাইসিস পর্যায়ে বিক্রিয়াগুলি সংক্ষেপে বর্ণনা করা হল।

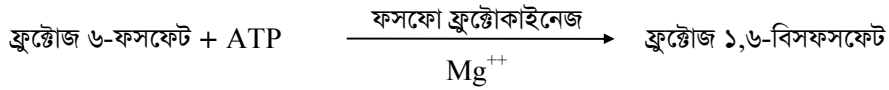
(১) ১ম ধাপে : ৬-কার্বন বিশিষ্ট শর্করা গ্লুকোজ ATP হতে একটি ফসফেট গ্রহণ করে গ্লুকোজ ৬-ফসফেটে পরিণত হয়। ATP ফসফেট হারিয়ে ADP হয়। এ বিক্রিয়াটি হেক্সোকাইনেজ এনজাইমের সাহায্যে সম্পন্ন হয়। এ রাসায়নিক বিক্রিয়াটি একমুখী অর্থাৎ হেক্সোকাইনেজ এনজাইম গ্লুকোজ ৬-ফসফেটকে গ্লুকোজে পরিণত করতে পারে না।



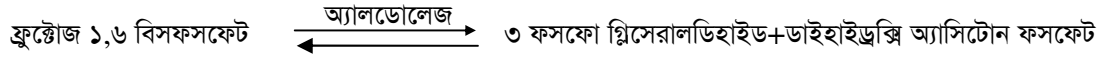
(২) ২য় ধাপে : গ্লুকোজ ৬-ফসফেট ফ্রুক্টোজ ৬-ফসফেট এ পরিণত হয়। এ বিক্রিয়া ফসফোগ্লুকো আইসোমারেজ এনজাইমের সাহায্যে সম্পন্ন হয়। বিক্রিয়াটি উভয়মুখী। অর্থাৎ একই এনজাইম একটি হতে অন্যটিতে রূপান্তরিত করতে সক্ষম।



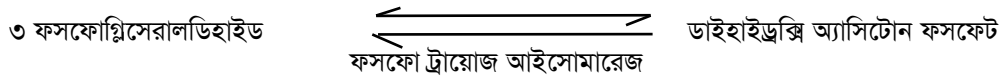
(৩) ৩য় ধাপে : ফ্রুক্টোজ ৬-ফসফেট ATP হতে এক অণু ফসফেট গ্রহণ করে ফ্রুক্টোজ ১,৬-বিসফসফেটে পরিণত হয়। বিক্রিয়াটির জন্যে এনজাইম ফসফোফ্রুক্টোকাইনেজ। বিক্রিয়াটি এক মুখী।



(৪) ৪র্থ ধাপে : ফ্রুক্টোজ ১,৬-বিসফসফেট অ্যালডোলেজ এনজাইমের সাহায্যে দ্বিখণ্ডিত হয়ে দুটি ৩-কার্বন বিশিষ্ট ট্রায়োজ ফসফেট সৃষ্টি করে; তাদের একটি ৩-ফসফোগ্লিসেরালডিহাইড এবং অপরটি ডাইহাইড্রক্সি অ্যাসিটোন ফসফেট। বিক্রিয়াটি উভয় মুখী।

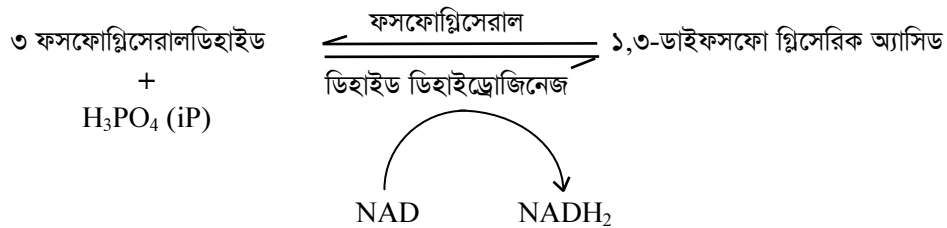


উল্লিখিত দুটি ৩-কার্বন বিশিষ্ট ট্রায়োজ ফসফেট ফসফেট্রায়োজ আইসোমারেজ এনজাইমের সাহায্যে একটি অপরটিতে পরিবর্তিত হতে পারে। তবে গ্লাইকোলাইসিসের সময় সব ডাইহাইড্রক্সি অ্যাসিটোন ফসফেট ৩-ফসফোগ্লিসেরালডিহাইডে পরিণত হয়।

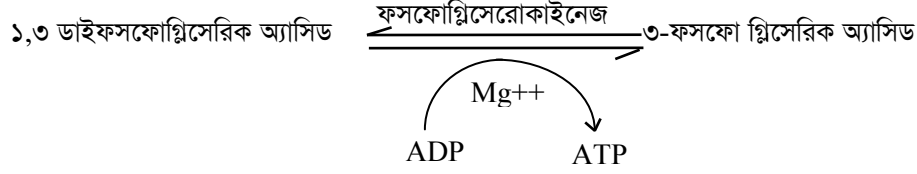


(৫) পঞ্চম ধাপে : কোষে অবস্থিত i(p) ব্যবহার করে ৩-ফসফো গ্লিসেরালডিহাইড ১,৩-ডাই ফসফোগ্লিসেরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়। এ বিক্রিয়া ফসফোগ্লিসেরালডিহাইড হাইড্রোজিনেজ এনজাইমের সাহায্যে হয়।

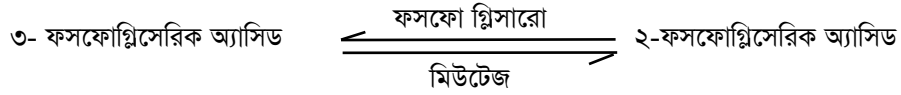
এ বিক্রিয়ায় NAD পরিবর্তিত হয় উচ্চশক্তি সম্পন্ন রাসায়নিক পদার্থ NADH₂তে। বিক্রিয়াটি উভয়মুখী।



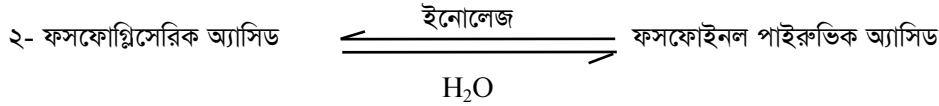
(৬) ষষ্ঠ ধাপে : ফসফো গ্লিসেরোকাইনেজ এনজাইমের সাহায্যে ১,৩- ডাইফসফো গ্লিসেরিক অ্যাসিড থেকে একটি ফসফেট গ্রহণ কোষে অবস্থিত ADP তে স্থানান্তরিত হয় ফলে ADP পরিবর্তিত হয় ATP তে এবং ১,৩- ডাই ফসফোগ্লিসেরিক অ্যাসিড রূপান্তরিত হয় ৩-ফসফোগ্লিসেরিক অ্যাসিড এ। বিক্রিয়াটি উভয়মুখী।



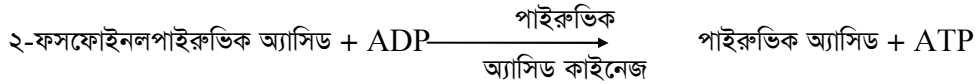
(৭) সপ্তম ধাপে : ৩-ফসফোগ্লিসেরিক অ্যাসিড, ফসফোগ্লিসেরোমিউটেজ এনজাইমের ক্রিয়ার ফলে ফসফেট গ্রুপ তৃতীয় কার্বন স্থান হতে স্থানান্তরিত হয়ে ২-ফসফোগ্লিসেরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি উভয়মুখী।



(৮) অষ্টম ধাপে : ২-ফসফোগ্লিসেরিক অ্যাসিড ইনোলেজ এনজাইমের ক্রিয়ার ফলে এক অণু পানি ত্যাগ করে ফসফোইনল পাইরুভিক অ্যাসিড এ পরিণত হয়। এ বিক্রিয়াটি উভয়মুখী।



(৯) নবম ধাপটি গ্লাইকোলাইসিসের শেষ ধাপ। এ ধাপে ২-ফসফোইনলপাইরুভিক অ্যাসিড পাইরুভিক অ্যাসিড কাইনেজ এনজাইমের ক্রিয়ার ফলে পাইরুভিক অ্যাসিড এ পরিণত হয়। এ সময় কোষস্থ ADP রূপান্তরিত হয় ATP তে। বিক্রিয়াটি একমুখী।



সূত্রাং পাইরুভিক অ্যাসিড গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার শেষ রাসায়নিক দ্রব্য।

এখানে উল্লেখ করা যেতে পারে—

- (১) গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার চারটি ধাপে তিনটি বিভিন্ন প্রকার কাইনেজ এনজাইম বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এবং প্রত্যেকটিতে ম্যাগনেসিয়াম এর প্রয়োজন
- (২) গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ায় তিনটি একমুখী বিক্রিয়া আছে, বাকী বিক্রিয়াগুলি উভয়মুখী।
- (৩) গ্লুকোজ অণু ছয় কার্বন বিশিষ্ট। ৪র্থ ধাপে অ্যালডোলেজ এনজাইম ছয় কার্বন দ্রব্য হতে ২টি ৩ কার্বন দ্রব্য উৎপন্ন করে। পরবর্তী সব ধাপে সেইজন্য ২টি করে দ্রব্য উৎপন্ন হবে।
- (৪) সূত্রাং এক অণু গ্লুকোজ গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়া শেষে দু অণু পাইরুভিক অ্যাসিড তৈরি করে।

৩য় নং চিত্রেরেখে দেখান হয়েছে যে

গ্লুকোজ হতে ফ্রুক্টোজ ১,৬- বিসফসফেট হওয়া পর্যন্ত দু ধাপে ২ অণু ATP খরচ হয়। পরবর্তী পর্যায়ে একটি ৩ অণু দ্রব্য পাইরুভিক অ্যাসিড হওয়া পর্যন্ত দু ধাপে ২ অণু ATP উৎপন্ন হয় এবং এক ধাপে ১ অণু NADH₂ তৈরি হয় সেহেতু গ্লুকোজ ছয় কার্বন বিশিষ্ট এবং সেহেতু ৩-ফসফোগ্লিসেরিকডিহাইড হতে পাইরুভিক অ্যাসিড পর্যন্ত মোট ২ অণু NADH₂ এবং ৪ অণু ATP হবে। উপরের দুটি ATP খরচ বাদ দিলে নিট ২ অণু NADH₂ ও ২ অণু (৪-২) ATP উৎপন্ন হবে।

সারসংক্ষেপ

- ◆ যে প্রক্রিয়ায় এক অণু গ্লুকোজ বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে জারিত হয়ে দু'অণু পাইরুভিক অ্যাসিডে পরিণত হয় তাকে গ্লাইকোলাইসিস বলে।
- ◆ গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়াটি সর্বমোট নয়টি ধাপে সম্পন্ন হয়। এদের মধ্যে চারটি ধাপের বিক্রিয়া একমুখী।
- ◆ এ পর্যায়ে সর্বমোট ১০টি ATP উৎপন্ন হয়, তবে নিট ATP -র সংখ্যা (১০-২) বা ৮টি।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। গ্লাইকোলাইসিসের শ্বসনিক বস্তু গ্লুকোজ হলে প্রথম উৎপন্ন দ্রব্য কোনটি?
ক. ফ্লুক্টোজ ৬ ফসফেট
খ. গ্লুকোজ ৬ ফসফেট
গ. ফ্লুক্টোজ ১,৬ বিস ফসফেট
ঘ. ৩ ফসফোগ্লিসেরিক অ্যাসিড
- ২। গ্লাইকোলাইসিসে এক অণু গ্লুকোজ থেকে কত অণু পাইরুভিক অ্যাসিড তৈরি হয়?
ক. দু' অণু
খ. এক অণু
গ. তিন অণু
ঘ. চার অণু
- ৩। গ্লাইকোলাইসিসে কয়টি ধাপে একমুখী বিক্রিয়া সংঘটিত হয়?
ক. দু'টি
খ. তিনটি
গ. চারটি
ঘ. পাঁচটি
- ৪। এ প্রক্রিয়ায় সর্বশেষ উৎপাদ কোনটি?
ক. ফ্লুক্টোজ
খ. অ্যাসিটাইল কো-এ
গ. ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড
ঘ. পাইরুভিক অ্যাসিড
- ৫। এক্ষেত্রে নিট ATP-র সংখ্যা কত?
ক. ১০টি
খ. ৯টি
গ. ৮টি
ঘ. ৬টি

পাঠ- ৩ : অ্যাসিটাইল কো-এ সৃষ্টি ও ক্রেবসচক্র

এ পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

- ◆ পাইরুভিক অ্যাসিড হতে অ্যাসিটাইল কো-এ সৃষ্টির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দিতে পারবেন।
- ◆ ক্রেবস চক্রের ধাপগুলো চিত্ররেখার সাহায্যে উপস্থাপন করতে পারবেন।
- ◆ ক্রেবস চক্রের যে যে ধাপে উচ্চশক্তি সম্পন্ন পদার্থ তৈরি হয় তা উল্লেখ করতে পারবেন।

গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় পাইরুভিক অ্যাসিড। যদি কোষে পর্যাপ্ত অক্সিজেন থাকে তাহলে পাইরুভিক অ্যাসিড অ্যাসিটাইল কো-এনজাইম এ (Acetyl Coenzyme এ = Acetyl CoASH=Acetyl CoA) তে রূপান্তরিত হয়। এ বিক্রিয়া জটিল এবং মাইটোকন্ড্রিয়াতে ঘটে।

৩-কার্বন বিশিষ্ট পাইরুভিক অ্যাসিড কয়েকটি বিক্রিয়ার মাধ্যমে একটি কার্বন হারিয়ে (CO_2 হিসাবে) ২-কার্বন বিশিষ্ট অ্যাসিটাইল CoA সৃষ্টি করে। এটি একটি অক্সিডেটিভ ডি-কার্বক্সিলেশন প্রক্রিয়া। উপরন্তু এ প্রক্রিয়া দুটি হাইড্রোজেন অপসারিত হয়ে NAD কে বিজারিত করে $NADH_2$ উৎপন্ন করে।

পাইরুভিক অ্যাসিড হতে অ্যাসিটাইল CoA উৎপন্ন হতে পাঁচটি কো-ফ্যাক্টর এবং বেশ কতকগুলি এনজাইমের প্রয়োজন হয়।

এ প্রক্রিয়ার ধাপগুলি নিম্নরূপ—

ক) পাইরুভিক অ্যাসিড+থায়ামিন পাইরোফসফেট $\xrightarrow{\text{উৎসেচক}}$ থায়ামিন পাইরোফসফেট ও পাইরুভেট যৌগ

খ) থায়ামিন পাইরোফসফেট ও পাইরুভেট যৌগ $\xrightarrow[\text{CO}_2]{\text{ডিকার্বক্সিলেজ}}$ ডি কার্বক্সিলেটেড থায়ামিন পাইরোফসফেট যৌগ

গ) ডিকার্বক্সিলেটেড থায়ামিন পাইরোফসফেট যৌগ + লিপয়িক অ্যাসিড কমপ্লেক্স $\xrightarrow{\text{অ্যাসিটিলেজ}}$ অ্যাসেটিল লিপয়িক অ্যাসিড যৌগ

ঘ) অ্যাসেটিল লিপয়িক অ্যাসিড যৌগ + কো-এনজাইম এ $\xrightarrow{\text{বিজারিত লিপয়িক অ্যাসিড}}$ অ্যাসেটিল কো-এনজাইম এ +বিজারিত লিপয়িক অ্যাসিড

ঙ) বিজারিত লিপয়িক অ্যাসিড+ NAD $\xrightarrow[\text{ডিহাইড্রজিনেজ}]{\text{লিপয়িক অ্যাসিড}}$ জারিত লিপয়িক অ্যাসিড + $NADH_2$

উপর্যুক্ত ধাপ অতিসংক্ষেপে নিম্নোক্তভাবে প্রকাশ করা যায়

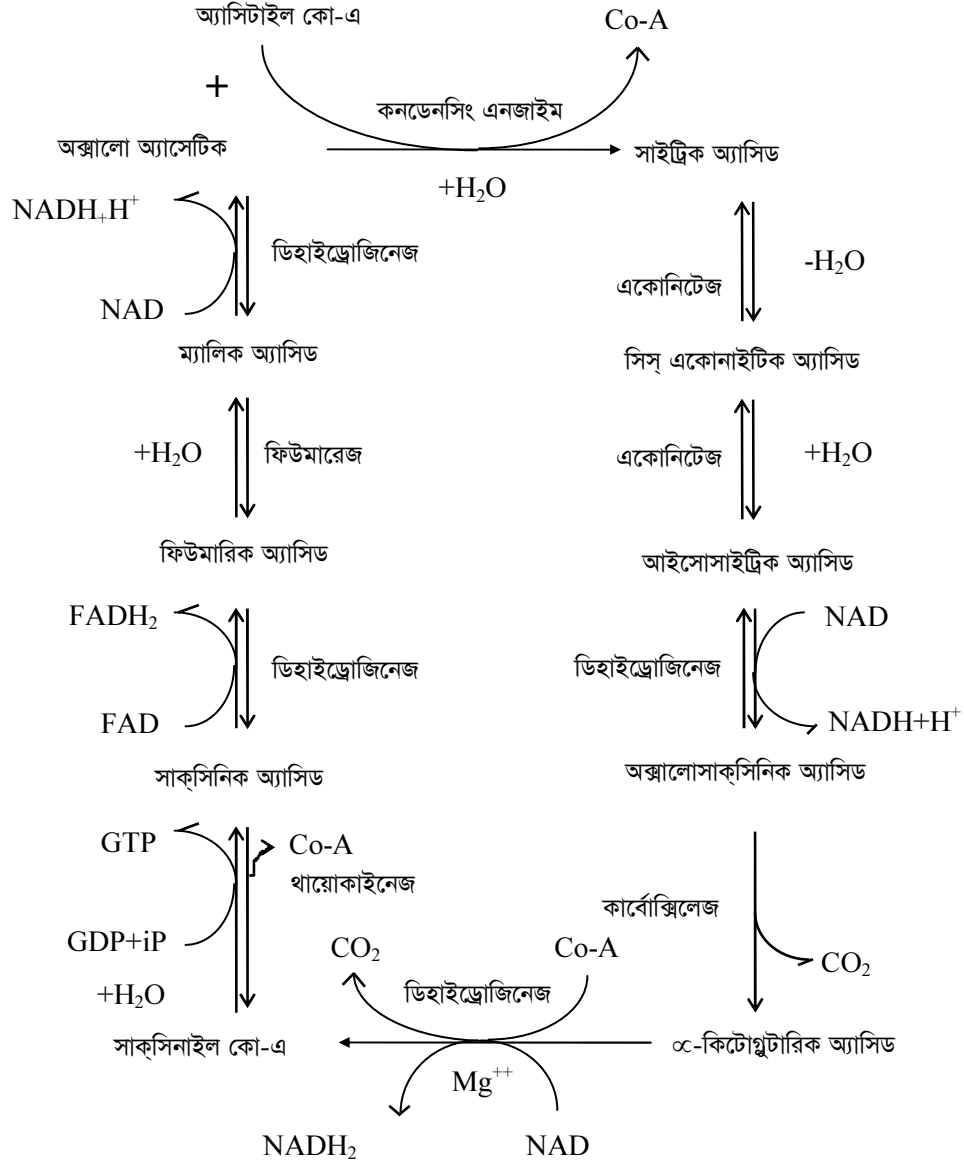
পাইরুভিক অ্যাসিড+ CoA+NAD $\xrightarrow{\text{বিজারিত লিপয়িক অ্যাসিড}}$ অ্যাসেটিল CoA + CO_2 + $NADH_2$

অ্যাসিটাইল CoA সৃষ্টি প্রক্রিয়ায় এক অণু পাইরুভিক অ্যাসিড হতে এক অণু CO_2 ও এক অণু $NADH_2$ উৎপাদন পূর্বক এক অণু অ্যাসিটাইল CoA সৃষ্টি হয়। সূত্রাং এক অণু গ্লুকোজ হতে সৃষ্টি দু অণু পাইরুভিক অ্যাসিড হতে দু অণু CO_2 দু অণু $NADH_2$ এবং দু অণু অ্যাসিটাইল CoA উৎপন্ন হয়।

ক্রেব্‌স্ চক্র (Krebs Cycle)

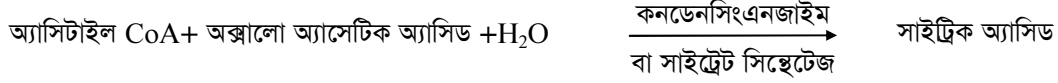
ক্রেবসচক্র পর্যাপ্ত অক্সিজেনের উপস্থিতিতে মাইটোকন্ড্রিয়ায় সংঘটিত হয়। এ চক্রের তিনটি নাম আছে ক্রেব্‌স্ চক্র, সাইট্রিক অ্যাসিড চক্র এবং ট্রাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড চক্র। ইংল্যান্ডের প্রাণ রসায়নবিদ হ্যানস ক্রেব্‌স্ এ চক্রটির প্রতিটি ধাপ আবিষ্কার করেন এবং সেজন্য তিনি নোবেল পুরস্কার পান।

ক্রেব্‌স্ চক্রের ধাপগুলির চিত্ররেখা ও সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দেয়া হল—

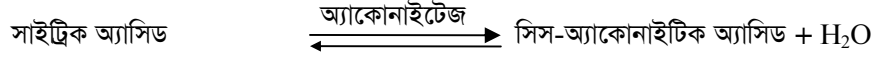


চিত্র ১৪.২ : ক্রেব্‌স্ চক্রের সংক্ষিপ্ত ছক।

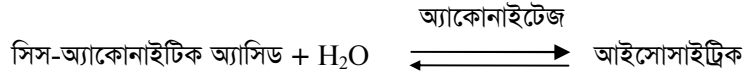
ক) ক্রেব্‌স্ চক্রের ১ম ধাপে সাইট্রেট সিনথেটেজ, নামক একপ্রকার কনডেনসিং এনজাইম, এর কার্যকারিতায় পাইরুভিক অ্যাসিড হতে প্রস্তুতীকৃত ২-কার্বন বিশিষ্ট অ্যাসিটাইল CoA কোষের মাইটোকন্ড্রিয়ায় অবস্থিত ৪-কার্বন বিশিষ্ট অক্সালো অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও এক অণু পানি রাসায়নিকভাবে সৃষ্টি করে এবং কো-এনজাইম এ(CoA) পরিত্যক্ত হয়। সাইট্রিক অ্যাসিডে তিনটি অ্যাসিড গ্রুপ বা কার্বোক্সিল গ্রুপ আছে বিধায় একে ট্রাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড বলা হয়।



খ) দ্বিতীয় ধাপে অ্যাকোনাইটেজ এনজাইমের কার্যকারিতায় সাইট্রিক অ্যাসিড হতে এক অণু পানি বের হয়ে যায় এবং তৈরি হয় সিস-অ্যাকোনাইটিক অ্যাসিড।

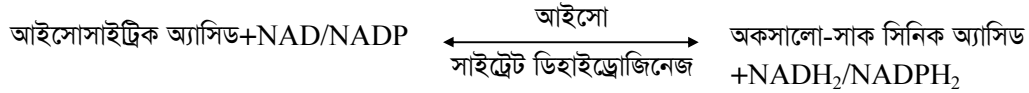


গ) তৃতীয় ধাপে সিস-অ্যাকোনাইটিক অ্যাসিড অ্যাকোনাইটেজ এনজাইমের কার্যকারিতায় এক অণু পানির সঙ্গে মিলিত হয়ে ছয় কার্বন বিশিষ্ট আইসোসাইট্রিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়।

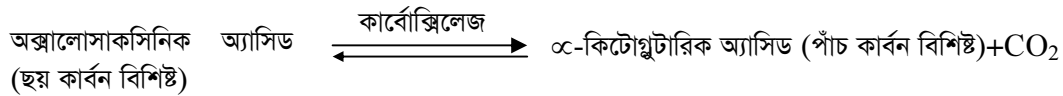


উল্লেখ্য দ্বিতীয় ও তৃতীয় ধাপের সিসঅ্যাকোনাইটিক অ্যাসিড ও আইসোসাইট্রিক অ্যাসিড দুটিও প্রথম ধাপের সাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় ট্রাই কার্বক্সিলিক অ্যাসিড এবং ৬ কার্বন বিশিষ্ট।

ঘ) ক্রেবসচক্রের চতুর্থ ধাপে আইসোসাইট্রিক অ্যাসিড আইসোসাইট্রিক ডিহাইড্রোজিনেজ এনজাইমের কার্যকারিতায় বিক্রিয়ার সময় দু অণু হাইড্রোজেন অপসারিত হয় এবং উহা একটি NAD অথবা একটি NADP কে বিজারিত করে। যথাক্রমে একটি NADH₂ অথবা একটি NADPH₂ উৎপন্ন করে ছয় কার্বন বিশিষ্ট অক্সালোসাকসিনিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়।

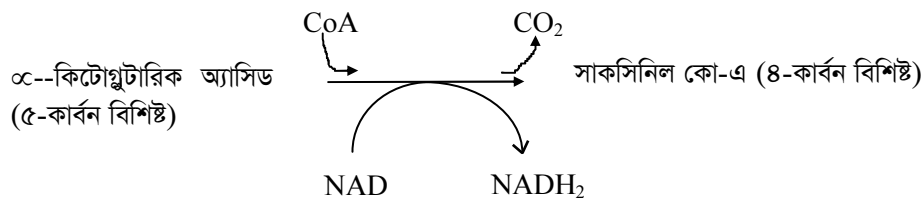


(৫) ক্রেবসচক্রের পঞ্চম ধাপে কার্বোক্সিলেজ এনজাইমের কার্যকারিতায় এক অণু ৬-কার্বন বিশিষ্ট অক্সালোসাকসিনিক অ্যাসিড এক অণু CO₂ হারায় এবং তার ফলে এক অণু ৫ কার্বন বিশিষ্ট α-কিটোগ্লুটারিক অ্যাসিড তৈরি করে।



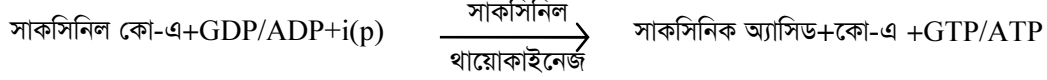
(৬) ক্রেবস চক্রের ষষ্ঠ ধাপে ৫-কার্বন বিশিষ্ট আলফা কিটোগ্লুটারিক অ্যাসিড কো-এনজাইম- এ এর উপস্থিতিতে এবং আলফা কিটোগ্লুটারিক অ্যাসিড ডিহাইড্রোজিনেজ নামক এনজাইমের কার্যকারিতায় একটি ৪-কার্বন বিশিষ্ট পদার্থ সাকসিনিল কো-এনজাইম এ (সংক্ষেপে সাকসিনিল কো এ) তৈরি করে।

এ বিক্রিয়ার সময় এক অণু CO₂ উপজাত দ্রব্য হিসাবে নির্গত হয় এবং অপসারিত দু অণু হাইড্রোজেন এক অণু NAD কে বিজারিত করে এক অণু NADH₂ উৎপন্ন করে।

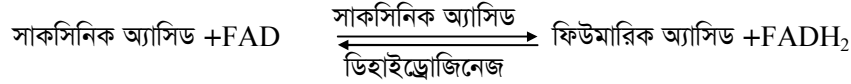


এইচএসসি প্রোগ্রাম

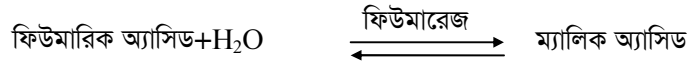
(৭) ক্রেব্‌স্ চক্রের সপ্তম ধাপে সাকসিনিক অ্যাসিড থায়োকোইনেজ এনজাইমের কার্যকারিতায় সাকসিনিক কো-এ হতে সম্পূর্ণ কো-এ মুক্ত হয় এবং ৪-কার্বন বিশিষ্ট সাকসিনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়ায় যে শক্তি মুক্ত হয় তা ব্যবহৃত হয় GDP এর সাথে এক অণু অজৈব ফসফেট (i(p)) এর মিলন ঘটাতে এবং তার ফলে GDP রূপান্তরিত হয় GTP তে। কিছু ক্ষেত্রে GDP র পরিবর্তে ADP এ বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এবং ATP তৈরি হয়।



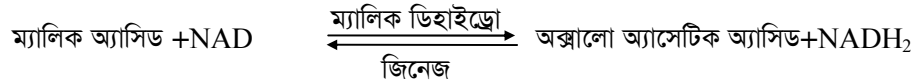
(৮) ক্রেব্‌স্ চক্রের অষ্টম ধাপে সাকসিনিক অ্যাসিড ডিহাইড্রোজিনেজ এনজাইমের কার্যকারিতায় সাকসিনিক অ্যাসিড দু অণু হাইড্রোজেন হারায় ও ৪-কার্বন বিশিষ্ট ফিউমারিক অ্যাসিড তৈরি হয়। এ বিক্রিয়ায় দু অণু হাইড্রোজেন অপসারিত হয় এবং উহার বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি ব্যবহার করে এক অণু FAD কে বিজারিত করে এক অণু FADH₂ তে রূপান্তরিত হয়।



(৯) ক্রেব্‌স্ চক্রের নবম ধাপে ফিউমারেজ এনজাইমের কার্যকারিতায় ফিউমারিক অ্যাসিড এক অণু পানির সাথে মিলিত হয়ে ৪-কার্বন বিশিষ্ট ম্যালিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে



(১০) ক্রেব্‌স্ চক্রের দশম বা শেষ ধাপে ম্যালিক ডি-হাইড্রোজিনেজ এনজাইমের কার্যকারিতায় দু অণু হাইড্রোজেন হারিয়ে ৪-কার্বন বিশিষ্ট অক্সালোঅ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়ায় উদ্ধৃত শক্তি ব্যবহার করে অপসারিত দু অণু হাইড্রোজেন NAD কে বিজারিত করে NADH₂ উৎপন্ন করে।



এ অক্সালোঅ্যাসেটিক অ্যাসিড পরবর্তিতে সাইট্রিক অ্যাসিড তৈরি করে এবং ক্রেবস চক্র পুনরায় একইভাবে চক্রাকারে আবর্তিত হয়। ক্রেবস চক্রে এক অণু অ্যাসেটিক কো-এ জারণের সময় দু অণু CO₂, তিন অণু NADH₂, এক অণু GTP/ATP ও এক অণু FADH₂ উৎপন্ন হয়। যেহেতু গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ায় এক অণু গ্লুকোজ হতে দু অণু পাইরুভিক অ্যাসিড তৈরি হয় এবং পরবর্তীতে ঐ দু অণু পাইরুভিক অ্যাসিড হতে দু অণু অ্যাসিটিক কো-এ ও দু অণু CO₂ উৎপন্ন হয়, সেহেতু দু অণু অ্যাসিটাইল কো-এ ক্রেব্‌স্ চক্রের মাধ্যমে চার অণু CO₂, ছয় অণু NADH₂, দু অণু GTP এবং দু অণু FADH₂ তৈরি হয়।

এখানে বিশেষভাবে উল্লেখ্য যে সবাত শ্বসনের গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়া, অ্যাসিটাইল কো-এ গঠন প্রক্রিয়া এবং ক্রেব্‌স্ চক্রের কোথায়ও অক্সিজেন অংশ গ্রহণ করে না। অক্সিজেন অংশ গ্রহণ করে সবাত শ্বসনের শেষ পর্যায় শ্বসনের ইলেকট্রন প্রবাহ তন্ত্রে।

সারসংক্ষেপ

- ◆ কোষে পর্যাপ্ত অক্সিজেন থাকলে পাইরুভিক অ্যাসিড থেকে অ্যাসিটাইল কো-এ সৃষ্টি হয়। কোষের মাইটোকন্ড্রিয়াতে এ বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। এক অণু গ্লুকোজ হতে দু অণু অ্যাসিটাইল কো-এ সৃষ্টি হয়।
- ◆ ইংরেজ প্রাণ রসায়নবিদ হ্যানস ক্রুব্‌স কর্তৃক আবিষ্কৃত চক্রটিকে ক্রেবস চক্র বলে। এটি কোষের মাইটোকন্ড্রিয়াতে সংঘটিত হয়। এ চক্রটিকে সাইট্রিক অ্যাসিড চক্র বা ট্রাইকার্বক্সিলিক অ্যাসিড চক্রও বলা হয়।
- ◆ ক্রেব্‌স্ চক্রের মাধ্যমে এক অণু গ্লুকোজ থেকে চার অণু CO₂, ছয় অণু NADH₂, দু অণু GTP এবং দু অণু FADH₂ তৈরি হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। অ্যাসিটাইল কো-এ সৃষ্টি কোষের কোন অংশে সংঘটিত হয়?
ক. মাইটোকন্ড্রিয়ায়
খ. সাইটোপ্লাজমে
গ. ক্লোরোপ্লাস্টে
ঘ. রাইবোজোমে
- ২। ক্রেবস্ চক্র কোষের কোন অংশে সংঘটিত হয়?
ক. ক্লোরোপ্লাস্টে
খ. সাইটোপ্লাজমে
গ. রাইবোজোমে
ঘ. মাইটোকন্ড্রিয়াতে
- ৩। এক অণু গ্লুকোজ হতে কত অণু অ্যাসিটাইল কো-এ সৃষ্টি হয়?
ক. পাঁচ অণু
খ. চার অণু
গ. দু অণু
ঘ. তিন অণু
- ৪। ক্রেবস্ চক্রটি কত ধাপে সম্পন্ন হয়?
ক. আট ধাপে
খ. দশ ধাপে
গ. নয় ধাপে
ঘ. এগার ধাপে

পাঠ- ৪ : ইলেকট্রন স্থানান্তর পদ্ধতি বা ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্র

এ পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

- ◆ ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্রের ধাপগুলো চিত্ররেখার সাহায্যে বর্ণনা করতে পারবেন।
- ◆ এ প্রবাহতন্ত্রে ATP উৎপাদনের ধাপগুলো উল্লেখ করতে পারবেন।
- ◆ অক্সিডেটিভ ফসফোরিলেশন কি তা বলতে পারবেন।
- ◆ শ্বসন প্রক্রিয়ায় উৎপাদিত মোট শক্তি নিরূপন করতে পারবেন।

ইলেকট্রন স্থানান্তর পদ্ধতি কতকগুলি সাইটোক্রোম অক্সিডেজ এনজাইমের পর্যায়ক্রমিক রাসায়নিক বিক্রিয়া যেখানে প্রত্যেকবারে উদ্ভূত দু অণু ইলেকট্রন একপ্রকার সাইটোক্রোম অণু হতে অন্য আর এক প্রকার সাইটোক্রোম অণুতে স্থানান্তরিত হয় এবং সর্বশেষে এ দু অণু ইলেকট্রন অক্সিজেন কর্তৃক গৃহীত হয়।

যেহেতু ইলেকট্রনদ্বয় বিভিন্ন সাইটোক্রোম ও অক্সিজেনে স্থানান্তরিত হয় তাই এ প্রক্রিয়াকে ইলেকট্রন স্থানান্তর প্রক্রিয়া বলে। অন্যদিকে এ স্থানান্তর যেন ইলেকট্রন নিহিত শক্তির প্রবাহ, তাই একে শ্বসনে ইলেকট্রন প্রবাহতন্ত্রও বলা যায়।

গ্লাইকোলাইসিস ও ক্রেবস্ চক্রে উৎপাদিত $NADH_2$ এবং $FADH_2$ এর হাইড্রোজেন সরাসরি অক্সিজেনের সাথে মিলিত হতে পারে না; উহারা বিভিন্ন প্রকার সাইটোক্রোম এর মাধ্যমে চালিত হয়।

$NADH_2$ প্রথমে উহার H_2 ত্যাগ করে এবং উহা FAD গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে $FADH_2$ হয়। এ ধাপে বিক্রিয়ায় নির্গত শক্তি ব্যবহার করে এক অণু ADP এক অণু ATP রূপে মিলিত হয় এবং এর ফলে এক অণু ATP তৈরি হয়।

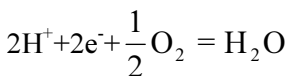
পরবর্তী ধাপে $FADH_2$ হতে নির্গত দু অণু হাইড্রোজেন দু অণু প্রোটন ($2H^+$) এবং দু অণু ইলেকট্রনে ($2e^-$) পরিবর্তিত হয়। এ দু অণু ইলেকট্রন উচ্চশক্তি সম্পন্ন কারণ $FADH_2$ উচ্চ শক্তি সম্পন্ন।

এ উচ্চ শক্তি সম্পন্ন ইলেকট্রন দুটি প্রথমে সাইটোক্রোম- বি (Cytochrome b=Cyt.b)) কর্তৃক গৃহীত হলে জারিত Cyt b বিজারিত Cyt. bতে রূপান্তরিত হয়। এ সময় কোন ATP তৈরি হয় না। পরবর্তী ধাপে বিজারিত Cyt b হতে ইলেকট্রনদ্বয় Cyt C তে স্থানান্তরিত হয়, এবং ফলশ্রুতিতে জারিত Cyt C বিজারিত Cyt C তে রূপান্তরিত হয়। এ বিক্রিয়ার সময় ইলেকট্রনদ্বয়ের কিছু শক্তি নির্গত হয় এবং ঐ শক্তি ADP এবং iP কে সংযুক্ত করতে ব্যবহৃত হয় এবং ফলে এক অণু ATP তৈরি হয়।

পরবর্তী ধাপে বিজারিত সাইটোক্রোম C (Cyt C) হতে ইলেকট্রনদ্বয় জারিত Cyt a কর্তৃক গৃহীত হয় এবং ফলে Cyt a বিজারিত হয়। এ ধাপে কোন ATP উৎপন্ন হয় না।

পরবর্তী ধাপে বিজারিত Cyt a হতে ইলেকট্রন দুটি জারিত সাইটোক্রোম a_3 (Cyt a_3) তে স্থানান্তরিত হয় এবং তার ফলে সাইটোক্রোম a_3 (Cyt a_3) বিজারিত হয়। এ ধাপে ইলেকট্রনদ্বয়ের শেষ শক্তি নির্গত হয় এবং ঐ শক্তি পূর্বের ন্যায় ADP ও iP কে সংযুক্ত করতে ব্যবহৃত হয় এবং ফলে এক অণু ATP তৈরি হয়। ইলেকট্রন প্রবাহ তন্ত্রের সর্বশেষ ধাপে ইলেকট্রন দুটি কোষের অভ্যন্তরস্থিত অক্সিজেনের সহিত মিলিত হয় এবং পূর্বে উল্লিখিত দুটি প্রোটন ($2H^+$) ও বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এবং এক অণু পানি নির্গত হয়।

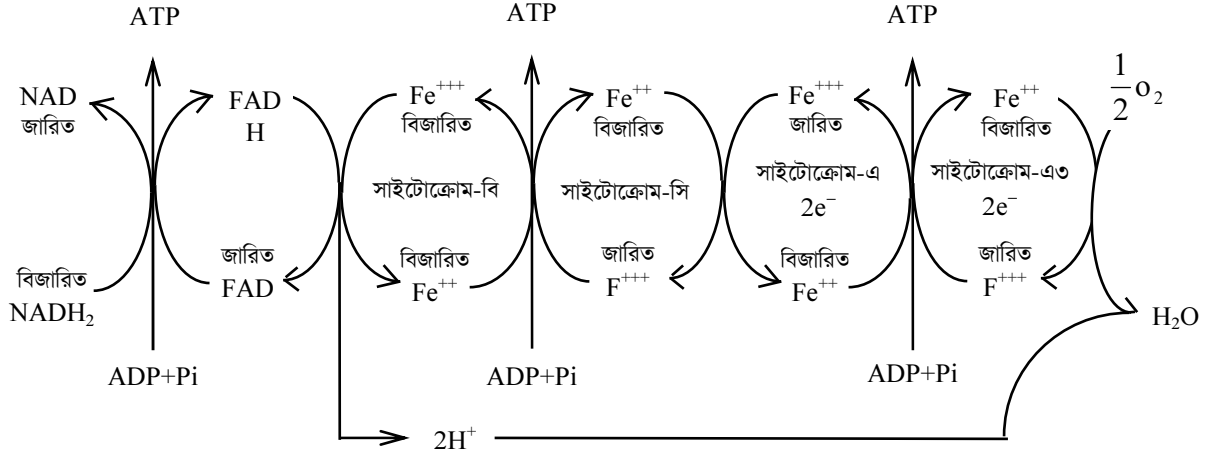
$NADH_2$ ও $FADH_2$ হতে যে হাইড্রোজেন অপসারিত হয় তা প্রোটন ও ইলেকট্রনে রূপান্তরিত হয়। সাইটোক্রোম সমূহের মাধ্যমে শুধু ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয়, প্রোটন শেষপর্যায়ে অক্সিজেন ও আগত ইলেকট্রন এর সহিত বিক্রিয়া করে পানি উৎপন্ন করে।



সূত্রাং যদি শ্বসনে ইলেকট্রন স্থানান্তর প্রক্রিয়া $NADH_2$ হতে আরম্ভ হয়, তাহলে তিন অণু ATP উৎপন্ন হয়, কিন্তু যদি $FADH_2$ হতে আরম্ভ হয় তাহলে দু অণু ATP উৎপন্ন হয়।

এজন্য বলা এক অণু $NADH_2 = 3$ অণু ATP ও এক অণু $FADH_2 = 2$ অণু ATP

শ্বসনে ইলেকট্রন প্রবাহ তন্ত্র কোষের মাইটোকন্ড্রিয়ার ভিতরের পর্দায় অক্সিজোম (oxysome) নামক কনিকাসমূহে ঘটে।



চিত্র ১৪.৩ : ইলেক্ট্রন প্রবাহতন্ত্র (অক্সিডেটিভ ফসফোরাইলেশন)

ইলেকট্রনপ্রবাহতন্ত্রে যে ফসফোরাইলেশন হয় ও ATP উৎপন্ন হয় তার জন্য অক্সিজেনের প্রয়োজন; তাই এ প্রকার ফসফোরাইলেশনকে অক্সিডেটিভ ফসফোরাইলেশন (oxidative phosphorylation) বলা হয়।

সবাত শ্বসনে শক্তি উৎপাদন

গ্লাইকোলাইসিস বিক্রিয়া আরম্ভ হবার প্রথমদিকে, প্রথম ও তৃতীয় ধাপে দু অণু ATP ব্যবহৃত হয়। কিন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়া চলার পরবর্তী তিনটি ধাপে চার অণু ATP ও দু অণু $NADH_2$ উৎপন্ন হয়। অতএব খরচ বাদ দিলে দেখা যায় গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ায় দুটি ATP ও দুটি $NADH_2$ জমা থাকে।

এরপর পাইরুভিক অ্যাসিড হতে আসিটাইল কো-এ তৈরি হবার ধাপসমূহে একটি $NADH_2$ উৎপন্ন হয়।

ক্রেব্‌স্ চক্রে তিনটি ধাপে তিনটি $NADH_2$, এক ধাপে একটি GTP এবং আর এক ধাপে একটি $FADH_2$ উৎপন্ন হয়।

যেহেতু এক অণু গ্লুকোজ হতে দু অণু পাইরুভিক অ্যাসিড তৈরি হয়, সেহেতু পাইরুভিক অ্যাসিডের সম্পূর্ণ জারণের ফলে শ্বসনের দ্বিতীয় ও তৃতীয় পর্যায়ে দ্বিগুন পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন হবে।

গ্লাইকোলাইসিস (প্রথমে)	- ২ ATP	} নীট ৮ ATP
গ্লাইকোলাইসিস (পরে)	+ ৪ ATP	
২ $NADH_2 \equiv ৬ ATP$	৬ ATP	

অ্যাসিটাইল কো-এ সৃষ্টি আগ পর্যন্ত	৮ ATP } ৮	} নীট ATP ৩৮ টি
২ $NADH_2 \equiv ৬ ATP$	৬ ATP } ৬	
ক্রেব্‌স্ চক্রে ৬ $NADH_2 \equiv ১৮ ATP$	১৮ ATP	
	৪ ATP	
	২ ATP	

সূত্রাং দেখা যাচ্ছে যে সবাত শ্বসনে প্রতি মোল গ্লুকোজ জারিত হলে ৩৮টি ATP উৎপন্ন হয়।

এইচএসসি প্রোগ্রাম

এখানে উল্লেখ্য যে ১ গ্রাম মোল গ্লুকোজ (১৮০ গ্রাম), ভৌত উপায়ে ক্যালরিমিটার যন্ত্রে দহন করলে ৬৮৬ কিলো ক্যালরি শক্তি উৎপন্ন হয়। কিন্তু কোষে (বায়োলজিক্যাল সিস্টেম এ) উৎপন্ন হয় নীট ৩৮ টি ATP। একটি ATP বিভিন্ন বৈজ্ঞানিকদের মতে ৭ কিলোক্যালরি হতে ১২ কিলোক্যালরি শক্তি উৎপন্ন হয়। হিসাবের সুবিধার্থে যদি আমরা মনে করি যে ১ ATP = ১০ কিলোক্যালরি, তাহলে ৩৮ ATP উৎপন্ন করবে $৩৮ \times ১০ = ৩৮০$ কিলোক্যালরি। সূত্রাং

বায়োলজিক্যাল সিস্টেমের দক্ষতা (Biological efficiency) হিসাব করা যায় $\frac{৩৮০ \times ১০০}{৬৮৬} = ৫৪.৩৯\%$

৬৮৬-৩৮০=৩০৬ কিলোক্যালরি শক্তি তাপ শক্তি হিসাবে বহির্গত হয়।

উদ্ভিদের বিপাক ক্রিয়া যেমন লবণ শোষণ, কার্বোহাইড্রেট, লিপিড, প্রোটিন, নিউক্লিক অ্যাসিড প্রস্তুত ও অন্যান্য জৈবিক প্রক্রিয়ার জন্য ATP ব্যবহৃত হয়।

শ্বসনের জন্য প্রাণীর মত উদ্ভিদের কোন বিশেষ অঙ্গ নাই। প্রতিটি জীবিত কোষেই শ্বসন সংঘটিত হয়। মৃত কোষ যেমন ট্র্যাকিড, ভেসেল, স্ক্লেরেনকাইমা এবং সিভ টিউব কোষে শ্বসন হয় না। উদ্ভিগু (active) টিস্যু যেমন ভাজক টিস্যু, ফুলের কুঁড়ি ও অঙ্কুরিত বীজে শ্বসনের হার অধিক হয়ে থাকে।

সারসংক্ষেপ

- ◆ ইলেক্ট্রন স্থানান্তর পদ্ধতি কতকগুলি সাইট্রোকোম অক্সিডেজ এনজাইমের পর্যায়ক্রমিক রাসায়নিক বিক্রিয়া। যেহেতু এখানে বিভিন্ন সাইট্রোকোম ও অক্সিজেনে স্থানান্তরিত হয়, তাই এ প্রক্রিয়াকে ইলেক্ট্রন স্থানান্তর প্রক্রিয়া বলে।
- ◆ $NADH_2$ ও $FADH_2$ হতে যে হাইড্রোজেন অপসারিত হয় তা প্রোটন ও ইলেক্ট্রনে রূপান্তরিত হয়। ইলেক্ট্রন কেবলমাত্র সাইট্রোকোমসমূহের মাধ্যমে স্থানান্তরিত হয়। প্রোটন শেষ পর্যায়ে অক্সিজেন ও আগত ইলেক্ট্রনের বিক্রিয়ায় পানি উৎপন্ন হয়।
- ◆ ইলেক্ট্রন প্রবাহতন্ত্রে যে ফসফোরাইলেশন হয় ও ATP উৎপন্ন হয় তারজন্য অক্সিজেন প্রয়োজন; তাই এ প্রকার ফসফোরাইলেশনকে অক্সিডেটিভ ফসফোরাইলেশন বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। ইলেক্ট্রন প্রবাহতন্ত্রে ফসফোরাইলেশনের জন্য নিচের কোনটি প্রয়োজন হয়?
ক. অক্সিজেন
খ. হাইড্রোজেন
গ. নাইট্রোজেন
ঘ. কার্বন ডাই-অক্সাইড
- ২। সবাত শ্বসনে প্রতি মোল গ্লুকোজ থেকে কতটি ATP তৈরি হয়?
ক. ৩২টি
খ. ৩৪টি
গ. ৩৮টি
ঘ. ৩৬টি
- ৩। জীবদেহে গ্লুকোজের শক্তি নির্গম ক্ষমতা কত?
ক. ৩০%
খ. ৫৫%
গ. ৫৪.৩৯%
ঘ. ৪৪.৩৯%
- ৪। ইলেক্ট্রন প্রবাহতন্ত্র কোষের কোন অংশে ঘটে?
ক. ক্লোরোপ্লাস্ট
খ. সাইটোপ্লাজমে
গ. রাইবোজোমে
ঘ. মাইটোকন্ড্রিয়ায়

পাঠ- ৫ : অবাত শ্বসন ফার্মেন্টেশন ও শ্বসনের হার

এ পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

- ◆ অবাত শ্বসনের সংজ্ঞা লিখতে পারবেন।
- ◆ পাইরুভিক অ্যাসিডের অসম্পূর্ণ জারণ বর্ণনা করতে পারবেন।
- ◆ ফার্মেন্টেশন সম্পর্কে ধারণা দিতে পারবেন।
- ◆ অবাত শ্বসন ও ফার্মেন্টেশন প্রক্রিয়ার মধ্যে পার্থক্যসমূহ উল্লেখ করতে পারবেন।

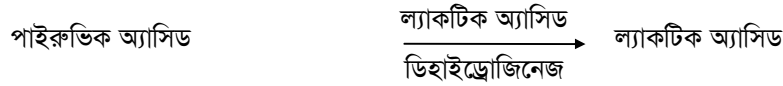
সংজ্ঞা : যে শ্বসন অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে ঘটে তাকে অবাত শ্বসন বলে।

জীবন্ত উদ্ভিদ ও প্রাণী কোষে অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে স্বল্প সময়ের জন্য অবাত শ্বসন চলতে পারে। অবাত শ্বসন কোষের সাইটোপ্লাজম এ সংঘটিত হয়।

অবাত শ্বসনকে দুটি পর্যায়ে ভাগ করা যায়। যথা (১) গ্লাইকোলাইসিস পর্যায় ও (২) পাইরুভিক অ্যাসিডের অসম্পূর্ণ জারণ পর্যায়।

(১) গ্লাইকোলাইসিস পর্যায় : অবাত শ্বসনের এ পর্যায়টি সবাত শ্বসনের গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার সম্পূর্ণ অনুরূপ। এখানে ১ অণু গ্লুকোজ ভেঙ্গে দু অণু পাইরুভিক অ্যাসিড তৈরি হয়।

(২) পাইরুভিক অ্যাসিডের অসম্পূর্ণ জারণ : এ প্রক্রিয়ায় পাইরুভিক অ্যাসিড জারিত হয়ে প্রধানত ল্যাকটিক অ্যাসিড তৈরি করে। এ বিক্রিয়ায় এক অণু $NADH_2$ রূপান্তরিত হয়।



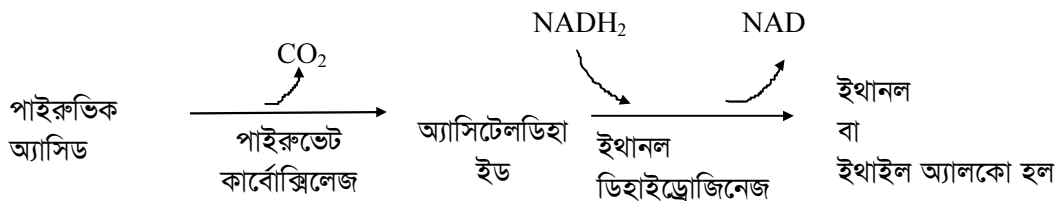
ফার্মেন্টেশন প্রক্রিয়া : Fermentation

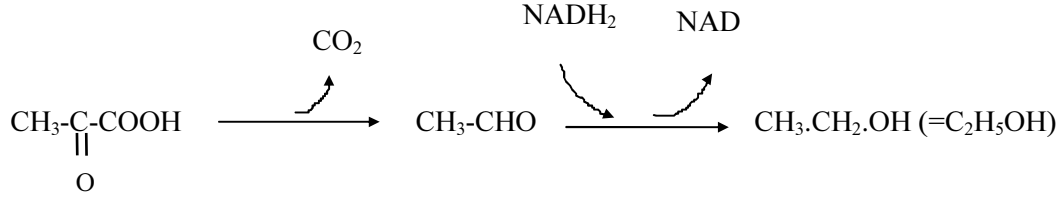
ফার্মেন্টেশন প্রক্রিয়া কতকগুলি ব্যাকটেরিয়া এবং ইস্ট (Yeast) নামক ছত্রাকের কার্যকারিতায় হয়। ফার্মেন্টেশন প্রক্রিয়া এক প্রকার অবাত শ্বসন হলেও অবাত শ্বসন ও ফার্মেন্টেশন এর মধ্যে কিছু পার্থক্য আছে। নিচে পার্থক্য সমূহ দেখান হল-

অবাত শ্বসন	ফার্মেন্টেশন
১. অবাত শ্বসন কোষের সাইটোপ্লাজমে হয়।	১. ফার্মেন্টেশন কোষের বাইরে হয়।
২. অবাত শ্বসন অক্সিজেনের সম্পূর্ণ অনুপস্থিতিতে হয়।	২. ফার্মেন্টেশন অক্সিজেনের সম্পূর্ণ অনুপস্থিতিতে অথবা অল্প অক্সিজেনের উপস্থিতিতে হতে পারে।
৩. এতে কোষের মধ্যে সৃষ্ট এনজাইম কোষের মধ্যে বিভিন্ন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।	৩. এতে কোষে সৃষ্ট এনজাইম কোষের বাইরে নিঃসৃত হয়ে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।
৪. কোষের অভ্যন্তরীণ গ্লুকোজ ব্যবহৃত হয়।	৪. কোষের বাইরে উপস্থিত গ্লুকোজ, চিনি, ল্যাকটোজ ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

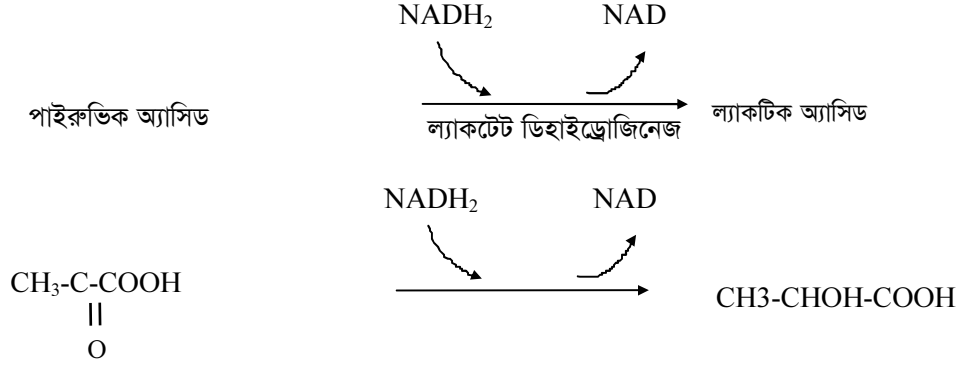
ফার্মেন্টেশন কে গাঁজান প্রক্রিয়াও বলা হয়—

ইস্ট (Yeast) নামক ছত্রাক দ্বারা ফার্মেন্টেশন হলে গ্লুকোজ এর অসম্পূর্ণ জারণের ফলে ইথানল অ্যালকোহল বা ইথানল (ethanol) প্রস্তুত হয় এবং CO_2 উপজাত দ্রব্য হিসাবে অপসারিত হয়। এ প্রক্রিয়ায় এক অণু পাইরুভিক অ্যাসিড হতে এক অণু ইথানল তৈরি করতে শক্তি প্রয়োজন। এখানে $NADH_2$ শক্তি যোগান দেয়।





ইথাকটোব্যাসিলাস নামক ব্যাকটেরিয়া দুধে অবস্থিত কার্বোহাইড্রেটকে ভেঙ্গে পাইরুভিক অ্যাসিড ও পরে পাইরুভিক অ্যাসিড হতে ল্যাকটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এ প্রক্রিয়ায় কোন CO₂ উৎপন্ন হয় না, কিন্তু এখানে NADH₂ প্রয়োজনীয় শক্তি যোগান দেয়।



ইথাইল অ্যালকোহল ও ল্যাকটিক অ্যাসিড ব্যতীত অণুজীবের দ্বারা ফার্মেন্টেশন প্রক্রিয়ায় বিউটাইরিক অ্যাসিড (butyric acid), সাইট্রিক অ্যাসিড (citric acid) ও অন্য আরো কিছু জৈব পদার্থ প্রস্তুত হয়।

বিভিন্ন শিল্পে ফার্মেন্টেশনের ব্যবহার

ঈস্ট নামক ছত্রাক মদ্য শিল্পে (Brewery) ও বেকারী (Bakery) বা পাউরুটি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। ফার্মেন্টেশন প্রক্রিয়ায় বেকারীতে ঈস্ট, আটা বা ময়দার কার্বোহাইড্রেটকে ভেঙ্গে অল্প অ্যালকোহল ও CO₂ উৎপন্ন করে। এ CO₂ ময়দাকে ফাঁপিয়ে পাউরুটি তৈরি হয়।

বাংলাদেশে চিনি ও গুড়কে মদশিল্পে কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহার করে ঈস্ট দ্বারা ফার্মেন্টেশন করে অ্যালকোহল তৈরি হয়।

আঙ্গুরের রসকে ব্যবহার করে ফার্মেন্টেশন প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন প্রকার মদ (wine) তৈরি হয়।

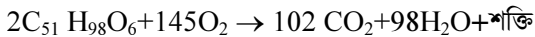
শ্বসন প্রক্রিয়ায় উদ্ভিদ যে পরিমাণ O₂ গ্রহণ করে এবং যে পরিমাণ CO₂ ত্যাগ করে তার অণুপাতকে $\left(\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}\right)$ শ্বসনের

হার বা শ্বসনিক কুওশেন্ট (respiratory quotient) বা RQ বলা হয়। শ্বসনিক বস্তুর বিভিন্নতার ফলে বিভিন্ন প্রকার RQ হয়।

গ্লুকোজ/ফুক্টোজ যদি শ্বসনিক বস্তু হয় তাহলে সবাত শ্বসনে পূর্ণ জারণের জন্য ৬ অণু অক্সিজেন প্রয়োজন হয় এবং এর

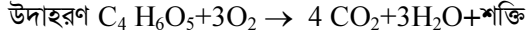
$$\text{ফলে ৬ অণু CO}_2 \text{ নির্গত হয় এবং এক্ষেত্রে } \text{RQ} = \frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{৬\text{CO}_2}{৬\text{O}_2} = ১$$

লিপিড জাতীয় রাসায়নিক পদার্থ যথা- তেল ও চর্বিতে অক্সিজেনের পরিমাণ C ও H এর তুলনায় কম হওয়ায় এদের জারণের সময় অপেক্ষাকৃত বেশী O₂ এর প্রয়োজন হয়। ট্রাইনামিটিন নামক ফ্যাটি অ্যাসিডের জারণের ক্ষেত্রে রাসায়নিক বিক্রিয়া নিম্নরূপ—



$$\text{এক্ষেত্রে } RQ = \frac{CO_2}{O_2} = \frac{102}{145} \text{ বা } 0.70 \text{। } 1 \text{ এর কম } RQ \text{।}$$

জৈব অ্যাসিড যদি শ্বসনিক বস্তু হয় তাহলে RQ 1 এর অধিক হয়। কারণ জৈব অ্যাসিডে অক্সিজেনের পরিমাণ কার্বন এর পরিমাণ হতে বেশী।



$$RQ = \frac{4}{3} = 1.13$$

এরূপভাবে শ্বসনিক বস্তু স্টিয়ারিক অ্যাসিড (ফ্যাটি অ্যাসিড) এর RQ ০.৭ এবং অক্সালিক অ্যাসিড (জৈব অ্যাসিড) এর RQ চার।

শ্বসনিক বস্তু হিসাবে আমিষ কম ব্যবহৃত হয়। ইহার RQ এর মান 1 হতে কম।

সারসংক্ষেপ

- ◆ অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে যে শ্বসন ঘটে তাকে অবাত শ্বসন বলে। অবাত শ্বসন দুটি পর্যায়ে ঘটে, যথা- গ্লাইকোলাইসিস ও পাইরুভিক অ্যাসিডের অসম্পূর্ণ জারণ।
- ◆ ঙ্গস্ট বা ব্যাকটেরিয়া কর্তৃক নিঃসৃত এনজাইমের কার্যকারিতায় ফার্মেন্টেশন প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়ে থাকে। এটি অক্সিজেনের সম্পূর্ণ অনুপস্থিতিতে বা অল্প উপস্থিতিতে সম্পন্ন হতে পারে।
- ◆ ঙ্গস্ট কর্তৃক ফার্মেন্টেশন ঘটলে গ্লুকোজের অসম্পূর্ণ জারণের ফলে ইথাইল অ্যালকোহল তৈরি হয়।
- ◆ উদ্ভিদ শ্বসন প্রক্রিয়ায় যে পরিমাণ O_2 গ্রহণ করে এবং যে পরিমাণ CO_2 ত্যাগ করে, তার অনুপাতকে শ্বসনের হার বা RQ বলে।

পাঠ্যের মূল্যায়ন- ৫

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। অবাত শ্বসন কয়টি পর্যায়ে সম্পন্ন হয়?

ক. তিনটি	খ. চারটি
গ. দুটি	ঘ. পাঁচটি
- ২। পাইরুভিক অ্যাসিডের অসম্পূর্ণ জারণে প্রধানত কোনটি তৈরি হয়?

ক. ল্যাক্টিক অ্যাসিড	খ. অ্যাসিটিক অ্যাসিড
গ. সাকসিনিক অ্যাসিড	ঘ. পাইরুভিক অ্যাসিড
- ৩। গ্লুকোজ শ্বসনিক বস্তু হলে, RQ কত?

ক. ২	খ. ৩
গ. ৪	ঘ. ১
- ৪। অক্সালিক অ্যাসিডের RQ মান কত?

ক. ৪	খ. ২
গ. ৩	ঘ. ১

পাঠ- ৬ : শ্বসনের প্রভাবকসমূহ ও গুরুত্ব

এ পাঠ অধ্যয়ন শেষে আপনি—

- ◆ শ্বসনের প্রভাবকসমূহ উল্লেখ করতে পারবেন।
- ◆ শ্বসনের অভ্যন্তরীণ প্রভাবকসমূহ বর্ণনা করতে পারবেন।
- ◆ এর বহিঃস্থ প্রভাবকসমূহ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- ◆ শ্বসনের গুরুত্ব নিরূপণ করতে পারবেন।

বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় কার্যের মত শ্বসন প্রক্রিয়াও বিভিন্ন প্রকার প্রভাবকের উপর নির্ভরশীল। এ প্রভাবকগুলি দু প্রকার। যথা- (ক) অভ্যন্তরীণ প্রভাবক বা অন্তঃস্থ প্রভাবক এবং (খ) বহিঃস্থ বা বাহ্যিক প্রভাবক।

অভ্যন্তরীণ/অন্তঃস্থ প্রভাবকসমূহ

(১) প্রোটোপ্লাজমীয় পরিবেশ (Protoplasmic environment) :

প্রোটোপ্লাজমপূর্ণ তরুন কোষের শ্বসন হার বয়স্ক কোষ থেকে অপেক্ষাকৃত অনেক বেশী। শ্বসনে অংশগ্রহণকারী সাইটোপ্লাজম ও মাইটোকন্ড্রিয়ায় উপস্থিত এনজাইমের পরিমাণ, ATP এর পরিমাণ, প্রোটোপ্লাজমে পানির পরিমাণ প্রভৃতির উপর শ্বসনের হার নির্ভরশীল।

(২) শ্বসনিক বস্তু (Respiratory substance) : নির্দিষ্ট একটি সীমারেখা পর্যন্ত শ্বসনিক বস্তুর পরিমাণের উপর শ্বসনহার সমানুপাতিক, অর্থাৎ শ্বসনিক বস্তু বৃদ্ধি পেলে শ্বসনের হার বৃদ্ধি পায়। কিন্তু অধিক মাত্রায় শ্বসনিক বস্তু কোষে সঞ্চিত হলে শ্বসনের হার কমে যায়।

(৩) এনজাইম (Enzyme) : শ্বসনের সব রাসায়নিক বিক্রিয়া ও ধাপ এনজাইমের পরিমাণ ও কার্যকারিতার উপর নির্ভরশীল। একটি নির্দিষ্ট সীমারেখা পর্যন্ত এনজাইমের পরিমাণ ও কার্যকারিতা বৃদ্ধি ঘটলে শ্বসনের হার বৃদ্ধি পায়।

(৪) কোষমধ্যস্থ পানির পরিমাণ (Water content of within a cell) : এনজাইমের কার্যকারিতা বৃদ্ধি করতে ও শ্বসনিক বস্তুকে দ্রবীভূত করতে যথেষ্ট পরিমাণ পানির প্রয়োজন। তাই পানি পরোক্ষভাবে শ্বসনের হারকে প্রভাবান্বিত করে। কোষে পানি কম থাকলে শ্বসনের হার কমে যায়।

(৫) রোগ ও ক্ষতস্থান : রোগাক্রান্ত কোষে ও ক্ষতস্থানের কোষে সাধারণত শ্বসনের হার বৃদ্ধি পায়।

বহিঃস্থ প্রভাবকসমূহ

(১) উষ্ণতা (Temperature) বা তাপমাত্রা : শ্বসনের বিক্রিয়াগুলি উৎসেচকের প্রভাবে প্রভাবান্বিত হয়। উৎসেচকের কার্যকারিতার উপর উষ্ণতার প্রভাব আছে তাই শ্বসনের বিক্রিয়ার হারকে উষ্ণতা প্রভাবান্বিত করে। নির্দিষ্ট উষ্ণতার সীমারেখা পর্যন্ত উষ্ণতা বৃদ্ধি পেলে শ্বসনের হারও বৃদ্ধি পায়, কিন্তু অত্যধিক তাপমাত্রায় শ্বসনের হার কমে যায়। সাধারণত $10^{\circ}-85^{\circ}$ সেলসিয়াস উষ্ণতার মধ্যে শ্বসনের হার বৃদ্ধি পায়, উষ্ণতা বৃদ্ধির ফলে। 10°C হতে 35°C পর্যন্ত প্রতি 10°C উষ্ণতা বৃদ্ধি পেলে শ্বসনের হার দ্বিগুন হয়। একে নিম্নের ফর্মুলার সাহায্যে ব্যক্ত করা যায়।

$$Q_{10}=2$$

তাপমাত্রা 10°C এর থেকে কম হলে আনুপাতিক হারে শ্বসনের হার কমে যায়।

(২) অক্সিজেন : সবাত শ্বসনে বায়ুমন্ডলে অক্সিজেনের ঘনত্বের পরিমাণ বাড়লে নির্দিষ্ট সীমারেখা পর্যন্ত শ্বসনের হার বৃদ্ধি পায়। এখানে উল্লেখ্য যে অক্সিজেনের কম ঘনত্বে অবাত ও সবাত শ্বসন উভয়ই সম্পাদিত হয়।

(৩) আলো (Light) : শ্বসনে আলোর কোন প্রত্যক্ষ প্রভাব নাই।

(৪) CO_2 : বাতাসে CO_2 এর পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে পত্ররন্ধ্রসমূহ বন্ধ হয়ে যায় এবং তার ফলে শ্বসনের হার কমে যায়। বেশির ভাগ উদ্ভিদের পত্ররন্ধ্র আলোর উপস্থিতিতে খোলা থাকে এবং তার ফলে পত্ররন্ধ্রের মাধ্যমে বাতাস হতে O_2 পত্রের অভ্যন্তরে প্রবেশ করে এবং শ্বসনের উপজাত CO_2 পত্ররন্ধ্রের মাধ্যমে নির্গত হয়।

(৫) অজৈব লবণ (Inorganic Salt) : উদ্ভিদ মূল দ্বারা অজৈব লবণ শোষণ করার সময় শ্বসনের হার বৃদ্ধি পায়। শ্বসনের হার বৃদ্ধি পায় কারণ লবণ শোষণের জন্য শক্তির প্রয়োজন এবং শ্বসনেই শক্তি নির্গত হয়।

(৬) রাসায়নিক যৌগ (Chemical compound) : অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন, ক্লোরোফরম, ইথার প্রভৃতি জৈব দ্রাবকের স্বল্প মাত্রার দ্রবণ বা লঘু দ্রবণ শ্বসনের হার বৃদ্ধি করে, কিন্তু এদের গাঢ় দ্রবণে শ্বসনের হার হ্রাস পায়।

শ্বসনের গুরুত্ব

সর্বপ্রকার জীবের জীবনকালে শ্বসনের গুরুত্ব খুব বেশি। উদ্ভিদ বা প্রাণীর প্রতিটি সজীব কোষে দিন রাত্রির প্রতিটি মুহূর্তে শ্বসন প্রক্রিয়া চলে। শ্বসন প্রক্রিয়া বন্ধ হলে সাধারণত: জীবিত কোষের মৃত্যু ঘটে। উদ্ভিদ জীবনে শ্বসনের গুরুত্ব নিচে সংক্ষেপে বর্ণনা করা হল—

১। উদ্ভিদের প্রতিটি জৈবিক প্রক্রিয়ার জন্য শক্তির প্রয়োজন। আর এ শক্তি আসে শ্বসন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে। উদ্ভিদদেহে উপস্থিত যৌগিক খাদ্য সরল পদার্থে রূপান্তরিত হবার ফলে, শ্বসন প্রক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় শক্তি উৎপন্ন হয়। সালোকসংশ্লেষণের সময় সৌর শক্তি (solar energy) রাসায়নিক শক্তি (chemical energy) রূপে জটিল খাদ্যে জমা হয়। শ্বসনের সময় বিভিন্ন প্রকার জটিল খাদ্য ভেঙ্গে সরল খাদ্য বা পদার্থে রূপান্তরিত হবার সময় সম্বন্ধিত রাসায়নিক শক্তি যা জটিল খাদ্যসমূহে প্রচ্ছন্ন শক্তি (potential energy) রূপে জমা থাকে তা ব্যবহার উপযোগী গতি শক্তি (kinetic energy) হিসাবে পরিবর্তিত হয়।

সূত্রাং শক্তি উৎপাদনের মাধ্যমে উদ্ভিদ জীবনের সকল জৈবিক প্রক্রিয়া পরিচালিত করার মধ্যেই রয়েছে উদ্ভিদ তথা জীবের জীবনে শ্বসন প্রক্রিয়ার প্রকৃত গুরুত্ব।

২। শ্বসন প্রক্রিয়ায় উদ্ভূত CO_2 প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয় এবং খাদ্যবস্তু উৎপন্ন হয়। এসব খাদ্যবস্তুসমূহ উদ্ভিদ জীবনের প্রয়োজনে আসে এবং উদ্ভিদ জীবনকে রক্ষা করে, তেমনই সমস্ত প্রানিকূল প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে এসব খাদ্য খেয়ে বেঁচে থাকে।

৩। উদ্ভিদের কোষ বিভাজনের জন্য শক্তির প্রয়োজন। এ প্রয়োজনীয় শক্তি শ্বসনে উদ্ভূত শক্তি জোগান দেয়।

৪। শ্বসন প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন প্রকার জৈব অ্যাসিড তৈরি হয়। এ জৈব অ্যাসিডসমূহ পরবর্তীতে অন্যান্য বিভিন্ন প্রকার জৈব দ্রব্য প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

৫। শ্বসনে উদ্ভূত শক্তি উদ্ভিদের পানি ও খনিজ দ্রবীভূত লবণ শোষণে ব্যবহৃত হয় ও উদ্ভিদের বৃদ্ধি ও বর্ধনে ব্যবহৃত হয়।

সারসংক্ষেপ

- ◆ বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় কার্যের মত শ্বসন প্রক্রিয়াও বিভিন্ন প্রকার প্রভাবকের উপর নির্ভরশীল। এ প্রভাবকগুলি দুপ্রকারের যথা- অভ্যন্তরীণ প্রভাবক ও বাহ্যিক প্রভাবক।
- ◆ শ্বসনের অভ্যন্তরীণ প্রভাবকসমূহ হলো- প্রোটোপ্লাজমীয় পরিবেশ, শ্বসনিক বস্তু, এনজাইম, কোষমধ্যস্থ পানির পরিমাণ ও রোগ ও ক্ষতস্থান প্রভৃতি। বাহ্যিক প্রভাবকসমূহ হলো- উষ্ণতা, অক্সিজেন, আলো, CO_2 , অজৈব লবণ ও রাসায়নিক যৌগ প্রভৃতি।
- ◆ সর্বপ্রকার জীবের জীবনকালে শ্বসনের গুরুত্ব খুব বেশি। উদ্ভিদ বা প্রাণীর প্রতিটি সজীব কোষে দিন-রাত্রির প্রতিটি মুহূর্তে শ্বসন প্রক্রিয়া চলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৬

সঠিক উত্তরে পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

১। নিচের কোনটি শ্বসনের অভ্যন্তরীণ প্রভাবক নহে?

- ক. আলো
গ. এনজাইম

- খ. শ্বসনিক বস্তু
ঘ. কোষ মধ্যস্থ পানির পরিমাণ

২। নিচের কোনটি শ্বসনের বাহ্যিক প্রভাবক নহে?

- ক. আলো
গ. এনজাইম

- খ. অক্সিজেন
ঘ. CO_2

৩। কোষে পানির পরিমাণ কম হলে শ্বসনে কি পরিবর্তন ঘটে?

ক. শ্বসনের হার বৃদ্ধি পায়

খ. শ্বসনের হার হ্রাস পায়

গ. শ্বসনের হার অপরিবর্তিত থাকে

ঘ. কোনটাই হয় না

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

সংক্ষিপ্ত ও রচনামূলক প্রশ্নাবলী

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলী

১. অবাত শ্বসন প্রক্রিয়াটি বর্ণনা করুন। অবাত শ্বসন ও ফার্মেন্টেশন এর মধ্যে পার্থক্যগুলি কি কি?
২. সবাত শ্বসন ও অবাত শ্বসনের পার্থক্যগুলি লিখুন।
৩. সালোকসংশ্লেষণ ও শ্বসনের মধ্যে পাঁচটি গুরুত্বপূর্ণ পার্থক্য লিখুন।
৪. শ্বসনের ইলেকট্রন প্রবাহ প্রক্রিয়াটি বর্ণনা করুন।
৫. উদ্ভিদজীবনে শ্বসনের গুরুত্ব আলোচনা করুন।
৬. সবাত শ্বসনে CO₂ গ্যাস নির্গত হয় একটি পরীক্ষার মাধ্যমে তা ব্যাখ্যা করুন।
৭. ETS এর বাহকগুলির নাম ও প্রকৃতি লিখুন।
৮. সবাত শ্বসনে কোন পর্যায়ে এবং কেন অক্সিজেনের দরকার হয়?

রচনামূলক প্রশ্নাবলী

১. শ্বসন কি? গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়াটি বর্ণনা করুন।
২. শ্বসন প্রক্রিয়ায় গ্লুকোজ হতে কিভাবে পাইরুভিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় তা বর্ণনা করুন।
৩. ক্রেব্‌স্ চক্র কি? ক্রেব্‌স্ ধাপগুলি পর্যায়ক্রমে বর্ণনা করুন।

উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ১ : ১। খ ২। ক ৩। গ

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ২ : ১। খ ২। ক ৩। গ ৪। ঘ ৫। গ

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৩ : ১। ক ২। ঘ ৩। গ ৪। খ

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৪ : ১। ক ২। গ ৩। গ ৪। ঘ

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৫ : ১। গ ২। ক ৩। ঘ ৪। ক

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ৬ : ১। ক ২। গ ৩। খ