একক 1. □ কোষের গঠন ও কার্যকারিতা

গঠন

1.1. প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

1.2. কোষ— প্রাণের একক

1.3. কোষের গঠন ও কার্য

ইওক্যারিওটিক

প্রোক্যারিওটিক

ভাইরাস

1.4. বিশেষ ধরনের কোষ

রক্তকোষ

লোহিত রক্তকণিকা

শ্বেত রক্তকণিকা

অনুচক্রিকা

অস্থিকোষ

পেশী কোষ

স্নায়ু কোষ

1.5. বিশেষ যন্ত্রের ব্যবহার

সাধারণ অণুবীক্ষণ যন্ত্র

ইলেকট্রণ মাইক্রোস্কোপ

সেন্ট্রিফিউজ ও অঙ্গাণু পৃথকীকরণ

1.6. প্রাণিদেহে অণু

প্রাথমিক ধারণা

1.7. প্রাণিদেহে জল ও বাফার

1.8. প্রাণরসায়ন অণুর সৃষ্টি

1.9. সংক্ষিপ্তসার

1.10. সহায়িকা প্রশ্ন ও তার প্রাসঙ্গিক বইয়ের নাম

1.1. প্রস্তাবনা

বায়োকেমিস্ট্রি (Biochemistry) অথবা প্রাণরসায়ন কোন জীবন্ত প্রাণী অথবা উদ্ভিদের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি নিয়ে আলোচনা করে।

তাহলে প্রাণ কাকে বলব?

প্রাণের প্রকাশ হল যে বা যারা নিজেরা সংঘবদ্ধ হতে পারে, আত্মনিয়ন্ত্রণ করতে পারে ও প্রজননের ক্ষমতা আছে এমন একটি সমতাপীয় মুক্ত তন্ত্র (system) যা জৈব ও অজৈব রাসায়নিক বস্তু দ্বারা সৃষ্ট কিন্তু নিম্নতম ব্যয়-নির্বাহ করে চলে।

প্রাণীর প্রকার ভেদ তাহলে কী?

অ্যামিবা থেকে শুরু করে মানুষ এবং ব্যাকটেরিয়া থেকে শুরু করে আমগাছ পর্যন্ত সকল প্রাণীই কতকগুলি একক দ্বারা গঠিত। এই এককগুলিকে বলে কোষ বা Cell। বিভিন্ন প্রাণী ও উদ্ভিদে এই কোষের গঠন ও উপাদান বিভিন্ন। এই কোষের গঠন ও উপাদান ভেদে প্রাণীর শ্রেণীবিভাগ আছে।

উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ শেষ করবার পরে জানা যাবে

- প্রাণের একক কোষে কী কী প্রাণ রসায়ন অণু থাকে।
- কিভাবে বিন্যস্ত হয় ঐ অণুগুলি
- একটি কোষের সঙ্গে অন্য কোষের পার্থক্য
- কোষ অঙ্গাণু পৃথকীকরণ

1.2. কোষ— প্রাণের একক

বৃহত্তর অর্থে সমগ্র প্রাণী ও উদ্ভিদ জগতের কোষকে দুই ভাগে বিভক্ত করা যায়—

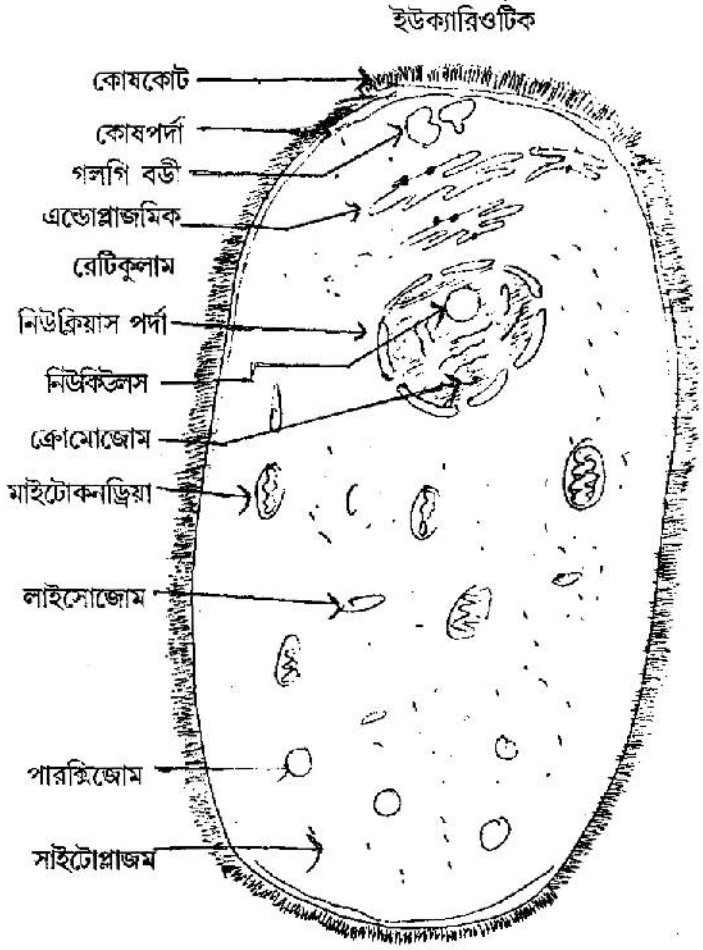
1) প্রোক্যারিওটিক (Prokaryotic) বা আদি কোষ ও

2) ইউক্যারিওটিক (Eukaryotic) উন্নত কোষ

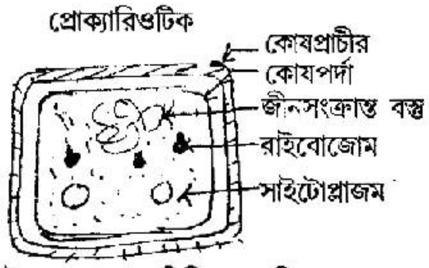
Eu = good
Pro = Before

এই দুই ধরনের কোষের মধ্যে পার্থক্য কী?

1.3. কোষের গঠন ও কার্য



উদাহরণ : যকৃৎ কোষ (hepatic Cell)
(প্রোক্যারিওট কোষের তুলনায় 100—10,000 গুণ বড়)



উদাহরণ : এসেরিশিয়া কোলি
(*Escherichia coli*)
(ব্যাকটেরিয়া)
2 μm লম্বা
1 μm ব্যাস

ইউক্যারিওটিক

'ইউ' (Eu = good) শব্দের অর্থ ভালো ও ক্যারিওট শব্দটি এসেছে কারনাল (Kernal = nut বা বাদাম) শব্দ থেকে। অর্থাৎ ঢাকা দেওয়া। এই কোষ ও কোষের কতকগুলি অংশ ভালোভাবে ঢাকা দেওয়া থাকে। এই কোষগুলির গঠন ও ক্রিয়া প্রক্রিয়া অনেক জটিল। ঢাকা দেওয়া অংশগুলিকে বলে কোষ অঙ্গাণু (organelle)।

এই কোষের সবথেকে বাইরের আবরণটিকে বলে **কোষ কোট** (Cell Coat) বা **কোষ আবরণী**। এইটি কোষ প্রাচীরের থেকে বেশী ও কোষ পর্দা থেকে কম নমনীয়। ইহা আঠালো প্রকৃতির। এর উপাদান হল মিউকোপলিস্যাকারাইড, গ্লাইকোপ্রোটিন ও গ্লাইকো-লিপিড।

কাজ : এক কোষ থেকে অন্য কোষকে পৃথক করে চেনা ও অ্যান্টিজেন ধর্ম রক্ষা করা অর্থাৎ একপ্রকার কোষ অন্য আর এক প্রকার কোষের কাছে বিদেশী কিনা জানানো।

কোষ কোটের ভিতরে থাকে **কোষ পর্দা** (cell membrane).

উপাদান : 50% লিপিট (দ্বিস্তরীয় লিপিড) ও 50% প্রোটীন।

কাজ : কোষের ভিতরে অবাধ প্রবেশ বন্ধ। যে পদ্ধতিতে লিপিড ও প্রোটীন সাজানো থাকে তাতে কোন কোন জৈব ও অজৈব রাসায়নিক কোষে প্রবেশ করতে পারে, কেউ কেউ বাইরে যেতে পারে আবার কারোর কোন রকম প্রবেশ বা বাহিরের অধিকার নেই।

প্রোক্যারিওটিক

প্রো (Pro = before)-শব্দের অর্থ আগে— অর্থাৎ আদিম পৃথিবীতে প্রথম যে কোষটি আবির্ভূত হয়েছিল। তাই এইটি অনেক সরল। কোন কোষ অঙ্গাণু নেই।

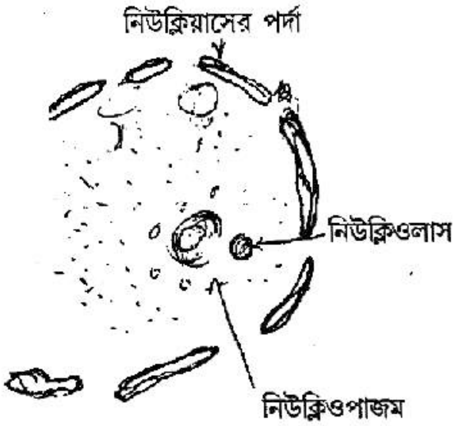
এই কোষের সবথেকে বাইরের আবরণটিকে বলে **কোষ প্রাচীর** (Cell wall)। এইটি একটি অনমনীয় গঠন। এর উপাদান— পলিস্যাকারাইড শৃঙ্খলের সঙ্গে পলিপেপটাইড শৃঙ্খলের যোগবন্ধন। কিছু লিপোপলি-স্যাকারাইডও আছে এতে।

কাজ : অনমনীয় কোষপ্রাচীর কোষকে বাইরের চাপ থেকে রক্ষা করে।

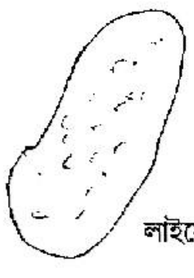
কোষ প্রাচীরের ভিতরে থাকে কোষ পর্দা।

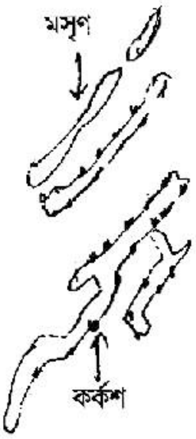
উপাদান : রাসায়নিক উপাদান ইউক্যারিওটিক কোষের ন্যায়।

কাজ : একই রকম ইউক্যারিওটিক কোষের মত।

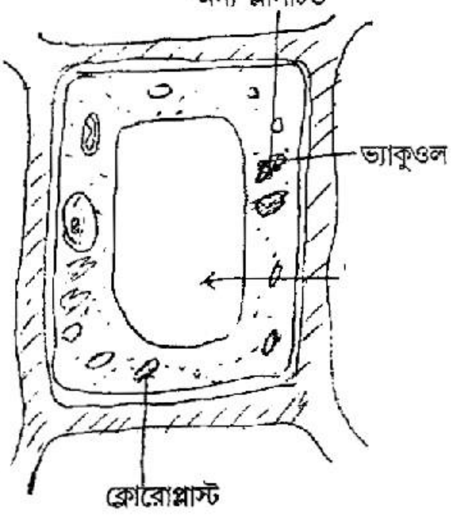
ইউক্যারিওটিক	প্রোক্যারিওটিক
নিউক্লিয়াস (Nucleus) :	
কোষের মধ্যস্থিত ক্রোমোজোম ও সব রকমের জীন সংক্রান্ত বস্তু একটি পর্দা দ্বারা বেষ্টিত থাকে। নিউক্লিও পর্দা ও আবরণযুক্ত বস্তুটিকে বলা হয় নিউক্লিয়াস। নিউক্লিও পর্দায় অনেক গুলি ছিদ্র থাকে যার মধ্য দিয়ে রাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড অথবা (RNA) আর এন এ বেরিয়ে আসতে পারে। পর্দার মধ্যে একটা জেলীর মত বস্তু থাকে তাকে নিউক্লিওপ্লাজম বলে।	নিউক্লিয়াস বলে কিছু নেই। ক্রোমোজোম ও জীনসংক্রান্ত বস্তু কোন আবরণ দ্বারা আবদ্ধ থাকে না।
 নিউক্লিয়াস	নিউক্লিও বস্তু
ক্রোমোজোম সাধারণতঃ সরলরৈখিক হয় ও সংখ্যায় অনেকগুলি হয়।	ক্রোমোজোম সাধারণতঃ বৃত্তীয় হয় ও সংখ্যায় একটিই হয়।
উপাদান : ক্রোমোজোম ডিঅক্সিরাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড (DNA) অথবা ডি এন এ ও প্রোটীন দিয়ে তৈরি। প্রধান প্রোটীনটির নাম হিস্‌টোন, এটি একটি ক্ষারীয় প্রোটীন। নিউক্লিওপর্দা যথারীতি প্রোটীন ও লিপিডের দ্বারা তৈরী।	**উপাদান** : ক্রোমোজোম ডি এন এ দিয়ে তৈরী। সাধারণতঃ প্রোটীন কম থাকে।
যে জেলীর ন্যায় বস্তুটি পর্দার মধ্যে থাকে তা গ্লাইকোপ্রোটীন, কার্বোহাইড্রেট বা শর্করা জাতীয় বস্তু ও কিছু অজৈব অণু দিয়ে তৈরী।	**কাজ** : ক্রোমোজোম একটি কোষের সঠিক কার্যপ্রণালী নির্ধারণ করে ও ধর্ম বহন করে।
কাজ : একটি কোষের সকল ধর্ম পরবর্তী কোষে বহন করে ক্রোমোজোম। কোষের যাবতীয় বিপাকীয় ক্রিয়া	

ইউক্যারিওটিক	প্রোক্যারিওটিক
সঠিক ভাবে সংগঠিত করে ক্রোমোজোম। তাই নিউক্লিয়াস এর কাজ বলা যেতে পারে কোষের প্রধান কার্যালয়। **মাইটোকনড্রিয়া** (Mitochondria). এইরূপ, কোষের আরেকটি অঙ্গাণুর নাম মাইটোকনড্রিয়া (Mitochondria). এর দুইটি পর্দা থাকে। বহিঃপর্দা (outer membrane) ও অন্তঃপর্দা (inner membrane). অন্তঃপর্দায় আবার অনেকগুলি ভাঁজ থাকে বলে এই পর্দার পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল অনেক বেশী। এই রূপ ভাঁজগুলিকে ক্রিষ্টি (Cristae) বলে। অন্তঃপর্দার ক্ষেত্রফল ও মাইটোকনড্রিয়ার কাজ করার ক্ষমতা সরল সম্পর্কযুক্ত। আন্তঃপর্দার ভিতরের জেলীর মত বস্তুটিকে ধাত্র (Matrix) বলে। বহিঃপর্দা, অন্তঃপর্দা ও ধাত্র-এ অনেকগুলি উৎসেচক থাকে যাহারা শেষ পর্যন্ত বায়ু থেকে আনীত অক্সিজেনকে কাজে লাগিয়ে জারণ প্রক্রিয়ায় খাদ্যবস্তুকে কার্বন ডাই অক্সাইড (CO_2) ও জলে (H_2O) রূপান্তরিত করে। মাইটোকনড্রিয়ায় ক্রিষ্টির পরিমাণ এবং কোষের অক্সিজেন ব্যবহার করার ক্ষমতাও সরল সম্পর্ক যুক্ত। যে কোষ অক্সিজেন বেশী ব্যবহার করতে পারে, সেই কোষের মাইটোকনড্রিয়াতে ক্রিষ্টির পরিমাণও বেশী। মাইটোকনড্রিয়ার ভিতরে প্রোক্যারিওটিক কোষের মত	কোন মাইটোকনড্রিয়া নেই। তবে ইউক্যারিওটিক কোষের যে সকল উৎসেচক মাইটোকনড্রিয়ার থাকে সেই রকম উৎসেচক এই কোষের প্লাজমা পর্দা বা কোষ পর্দায় ও সাইটোপ্লাজমে বিন্যস্ত থাকে।

ইউক্যারিওটিক	প্রোক্যারিওটিক
বৃত্তীয় ছোট ক্রোমোজোম দেখা যায় ও মাইটোকনড্রিয়ার আয়তন কার্যত একটি প্রোক্যারিওটিক কোষের মত। তাই বৈজ্ঞানিকেরা কিছু সূত্র ধরে প্রমাণ করতে চাইছেন যে, বিবর্তনের সময়ে প্রোক্যারিওটিক কোষ ইউক্যারিওটিক কোষে আবদ্ধ হয়ে মাইটোকনড্রিয়ার জন্ম দেয়। মাইটোকনড্রিয়ার DNAটি আসে অবিকৃত অবস্থায় মায়ের কাছ থেকে।	
উপাদান : মাইটোকনড্রিয়া পর্দা যথারীতি লিপিড ও প্রোটীন দ্বারা তৈরী। ধাত্রে গ্লাইকোপ্রোটীন, কার্বোহাইড্রেট, লিপিড থাকে। উৎসেচকগুলি সবই প্রোটীন।	
কার্য : জারণযুক্ত বিপাকীয় ক্রিয়া সংঘটিত হয় মাইটোকনড্রিয়ায়। কার্বোহাইড্রেট লিপিড ও প্রোটীন থেকে প্রয়োজনীয় শক্তি সঞ্চয় করতে হলে বিপাকীয় ক্রিয়ার শেষ ভাগটি অবশ্যই মাইটোকনড্রিয়ার সংঘটিত হতে হবে। এখানেই অক্সিজেনকে কাজে লাগানো হয় খাদ্যবস্তু থেকে শক্তি, CO_2 ও H_2O উৎপাদনের জন্য। উদ্বৃত্ত শক্তি অ্যাডোনেসিন ট্রাই-ফসফেট (ATP) নামক রাসায়নিক পদার্থ তৈরী করে সঞ্চিত থাকে।	
লাইসোসোম (Lysosome)	
ইউক্যারিওটিক কোষের আরেকটি অঙ্গাণু হল লাইসোজোম। ইহাতে একটি পর্দা থাকে। পর্দা দ্বারা আবৃত অংশে অনেক উৎসেচক থাকে।  লাইসোজোম	প্রোক্যারিওটিক কোষে লাইসোজোম থাকে না।
উপাদান : পর্দার স্বাভাবিক উপাদন ও উৎসেচকগুলি প্রোটীন।	
কার্য : উৎসেচকগুলি প্রধানতঃ কোষটিতে অথবা কোষে আনীত অবাঞ্ছিত বস্তুকে বিশ্লেষিত করে নষ্ট করে ফেলে।	
এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলাম একটি অঙ্গাণু— দেখতে অনেকটা অনেকগুলি সরুসরু অঙ্গাণু যুক্ত থাকলে যেমন	

ইউক্যারিওটিক	প্রোক্যারিওটিক
দেখাবে তেমনই। পর্দায় ও পর্দা দ্বারা আবদ্ধ জেলীর মত অংশে অনেক উৎসেচক থাকে। অনেক সময় রাইবোনিউক্লিও প্রোটীন দ্বারা গঠিত রাইবোজোম দানা এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলামের পর্দার উপরে অবস্থান করে—সেই রকম এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলামকে কর্কশ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলাম (Rough endoplasmic reticulum) বলে ও রাইবোজোম না থাকলে বলে মসৃণ (smooth) এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলাম।  **উপাদান** : স্বাভাবিক পর্দার উপাদান ও জেলীর মত অংশে যথারীতি কার্বোহাইড্রেট, প্রোটীন ও লিপিড থাকে। রাইবোজোমে আর এন এ প্রোটীন থাকে। **কার্য** : প্রোটীন উৎপাদনকারী কারখানা বলা যেতে পারে এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলামকে।	কোন এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলাম নেই। প্রোটীন উৎপাদনের কোন নির্দিষ্ট অঙ্গাণু নেই। কোষের যে কোন অংশেই প্রোটীন তৈরী হতে পারে।
গলগি বডী : আরেকটি পর্দারঘেরা অঙ্গাণু। **উপাদান** : স্বাভাবিক পর্দার উপাদান। **কার্য** : প্রোটীন সঞ্চিত রাখা।	কোন গল্‌গিবডী নেই।
রাইবোজোম : আর এন এ ও প্রোটীন দ্বারা গঠিত **রাইবোজোম**-এর দুটি অংশের **অবক্ষেপণাঙ্ক*** (Sedimentation coefficient) হল 60S ও 40S। **কার্য** : প্রোটীন উৎপাদনে অংশগ্রহণ।	রাইবোজোমের দুটি অংশের অপেক্ষণাঙ্ক হল 50S ও 30S। **কার্য** : প্রোটীন উৎপাদনে অংশগ্রহণ।
পারক্সিজোম বা মাইক্রোবডী : আরেকটি অঙ্গাণু যেখানে ক্যাটালেজ ও পারক্সিডেজ জাতীয় উৎসেচকগুলি জমা থাকে।	কোন পারক্সিজোম জাতীয় অঙ্গাণু নেই।

* এ বিষয়ে পরে আলোচনা আছে

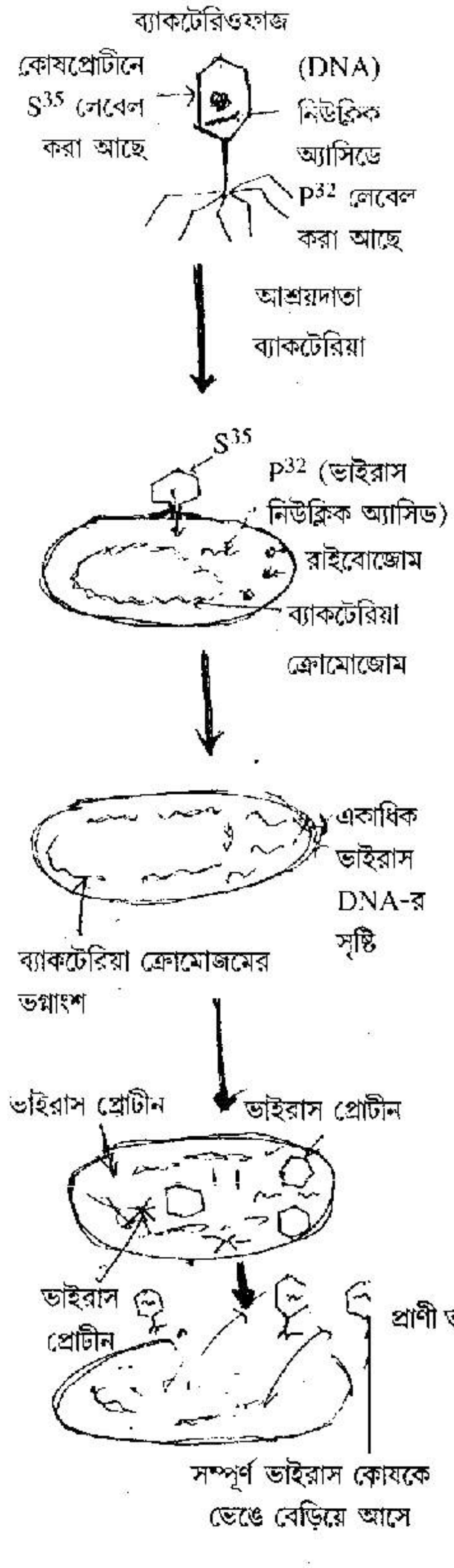
ইউক্যারিওটিক	প্রোক্যারিওটিক
কার্য : $H_2O_2 \xrightarrow{\text{ক্যাটালেজ}} H_2O + O_2$	
কোষ সাইটোপ্লাজম :	
একটি জেলীর মত অংশ যার মধ্যে অঙ্গাণুগুলি ভাসমান অবস্থায় আছে ও সেই সমগ্র বিষয়টি কোষ পর্দা দ্বারা আবৃত।	ইউক্যারিওটিকের মতই তবে কোন অঙ্গাণু এতে ভাসমান নেই।
উপাদান : কার্বোহাইড্রেট, লিপিড, প্রোটীন, বহু জৈব ও অজৈব যৌগ ও ওজনের 70-80% জল।	**উপাদান** : অনেকাংশেই একইরকম। ব্যতিক্রম : অঙ্গাণুতে অবস্থিত বস্তুগুলি সাইটোপ্লাজমে ভাসমান।
উচ্চতর উদ্ভিদ কোষে আরও কিছু অঙ্গাণু ও অংশ থাকে। **প্লাসটিড** নামক একটি পর্দাঘেরা অঙ্গাণু থাকে। বিভিন্ন প্রকার প্লাসটিডের বিভিন্ন কার্যকারিতা।	
ক্লোরোপ্লাস্ট (Chloroplast) :	
কার্বোহাইড্রেট উৎপাদন করে।	
ক্রোমোপ্লাস্ট (Chromoplast) :	
বিভিন্ন প্রকার রঞ্জক পদার্থ উৎপাদন করে।	
উদ্ভিদ কোষে বর্জ্য পদার্থ সঞ্চিত করবার জন্য **কোষ গহ্বর** বা ভ্যাকুওল (vacuole) থাকে যা প্রাণী কোষে থাকে না।	
	

ভাইরাস

সাধারণতঃ কোন আশ্রয়দাতা কোষ (Host Cell) ছাড়া এরা সজীব নয় ও প্রজননক্ষম নয়। কিন্তু কোন আশ্রয়দাতা কোষে প্রবেশ করবার পরে ঐ কোষের সকল রকম সাহায্য নিয়ে পরবর্তী প্রজন্মের সৃষ্টি করে এবং আশ্রয় দাতা কোষের মৃত্যু ঘটায়।

ভাইরাসে হয় DNA অথবা RNA থাকে। দুটোই একসঙ্গে থাকে না। DNA থাকলে DNA ভাইরাস, RNA থাকলে RNA ভাইরাস বলা হয়। নিউক্লিক অ্যাসিড ঘিরে থাকে কোন জটিল প্রোটিন অণু। আশ্রয়দাতা কোষে শুধুমাত্র নিউক্লিক অ্যাসিড প্রবেশ করে ও বংশবৃদ্ধি করে। আশ্রয়দাতার উপর নির্ভর করে ভাইরাসকে কয়েকটি বিভাগে ভাগ করা যায়— 1) ব্যাকটেরিও ফাজ (Bacteriophage), যা ব্যাকটেরিয়াকে আশ্রয় করতে পারে, 2) উদ্ভিদ ভাইরাস ও 3) প্রাণী ভাইরাস।

উদাহরণ :



ব্যাকটেরিও ফাজ
- → $\phi\beta$, MS2 (RNA ভাইরাস)
- → $\phi X174$, T_2, λ (DNA ভাইরাস)

উদ্ভিদ ভাইরাস
- → টোবাকো মোজাইক ভাইরাস (TMV) (RNA ভাইরাস)
- → জানা নেই (DNA ভাইরাস)

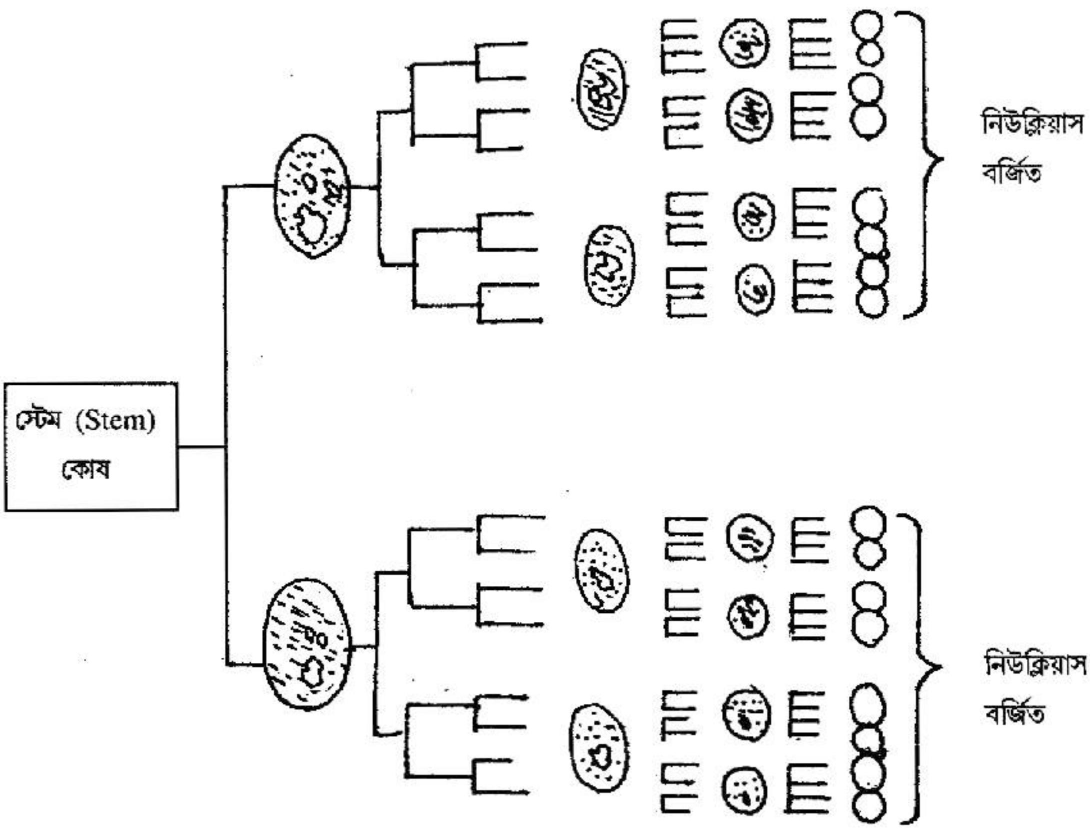
প্রাণী ভাইরাস
- → পোলিওমায়েলাইটিস্ (Polyomylitis) রেও ভাইরাস (Reo Virus) (RNA ভাইরাস)
- → SV 40, অ্যাডিনো ভাইরাস (Adeno virus) (DNA ভাইরাস)

1.4. কয়েকটি বিশেষ ধরনের প্রাণীকোষ

রক্ত (Blood)— রক্তরস ও বিভিন্ন প্রকারের কোষদ্বারা সৃষ্ট একটি যোজক কলা।

রক্ত কোষের প্রকার ভেদ

- লোহিত রক্তকণিকা (Red blood Corpuscles) অথবা ইরাইথ্রোসাইট (Erythrocyte)
- শ্বেত রক্তকণিকা (White blood Corpuscles) অথবা লিউকোসাইট (Leucocyte)
- অনুচক্রিকা (Platelets) বা থ্রমোসাইট (Thrombocyte)



লোহিত রক্তকণিকা বা ইরাইথ্রোসাইট :

সুস্থ প্রাপ্তবয়স্কের 1 মিলি. রক্তে 50 লাখ এই কণিকা থাকা উচিত। নিউক্লিয়াস বর্জিত এই কণিকা স্টেম কোষ থেকে বিভিন্ন পর্যায়ে কোষ বিভাজন ও বিভিন্ন পরিবর্তনের পরে সৃষ্ট হয়। পর্যায়গুলি নীচে দেওয়া হল। এর কাজ, এর মধ্যস্থিত হিমোগ্লোবিন নামক প্রোটীনের সাহায্যে O_2 এবং CO_2 বহন। এই কণিকা 120 দিন বাঁচে— তারপরে প্লীহা (spleen) ও যকৃৎ (liver)-এ এটি ধ্বংস হয়ে ছোট ছোট জৈব অণুতে পরিবর্তিত হয়।

পর্যায় ও পর্যায়কাল (ঘণ্টা)	I 3 × 20	II 30	III 50	IIII 40	চূড়ান্ত 40
কোষের পরিবর্তন	প্রোনর্মব্লাস্ট এবং বেসেফিলিক নর্মব্লাস্ট	প্রাথমিক পলিক্রোমাটিক নর্মব্লাস্ট	মাধ্যমিক ও চূড়ান্ত পলি-ক্রোমাটিক নর্মব্লাস্ট নিউক্লিয়াস 10 মিনিটের মধ্যে বহিষ্কৃত হয়। তাই এই পর্যায়ের পরে কোষ বিভাজন বন্ধ হয়।	মজ্জাস্থিত রেটিকুলোসাইট সংবহনে আসে	একেই ইরাইথ্রোসাইট বলে

'ব্লাস্ট' = অপরিণত কোষ
'সাইট' = পরিণত কোষ

শ্বেতরক্তকণিকা লিউকোসাইট (Leucocyte) :

এইটির কার্যকারিতা অনুযায়ী এইটি বিভিন্নভাগে বিভক্ত। তবে সুস্থ প্রাপ্তবয়স্কদের 1 মি.লি. রক্তে অন্ততঃ 4000-11,000 এই কণিকা থাকা প্রয়োজন। এই কোষের সৃষ্টি অস্থি মজ্জায় ও বিভিন্ন প্রকার কোষের আয়ু বিভিন্ন। তবে প্রধান কাজ শরীরের বহিঃআক্রমণ প্রতিরোধ শক্তি (Immunity)-র সৃষ্টি করে প্রাণীকে রোগের বহিঃআক্রমণ থেকে রক্ষা করা। ইহাতে নিউক্লিয়াস থাকে ও বিভিন্ন প্রতিবিষ (antibody) প্রোটিন সৃষ্টি করে।

- লিউকোসাইট
  - গ্রানুলোসাইট (Granulocyte) (অস্থি মজ্জায় সৃষ্টি হয়)
    [লিস্‌ম্যান (Lishman's)-এর রঞ্জকের সঙ্গে বিক্রিয়ার ওপরে নির্ভর করে বিভাগ (Phil = আকর্ষণ অনুভব)]
    - নিউট্রোফিল (Neutrophil) (3000-6000/মি.লি. রক্ত) (আয়ু = 2-4 দিন)
    - বেসোফিল (Basophil) (0-100/মি.লি. রক্ত) এতে হেপারিন নামক রক্ততঞ্চন (Co-agulation) বিরোধী জৈব যৌগ থাকে (আয়ু = 12-15 দিন)
    - ইওসিনোফিল (Eosinophil) (150-300 মি.লি. রক্ত) এতে হিসামিন নামক অনাক্রাম্য যৌগ থাকে (আয়ু = 8-12 দিন)
  - লিম্ফোসাইট (Lymphocyte) (1500-2700/মি.লি. রক্ত) (প্লীহা ও লিম্ফয়েড কলায় সৃষ্টি হয়)
    - ক্ষুদ্র
    - বৃহৎ (ম্যাক্রোফাজ-Macrophage) (আয়ু = 1-3 দিন)
  - মনোসাইট (Monocyte) (300-600/মি.লি. রক্তে) (অস্থিমজ্জা ও লিম্ফয়েড কলায় সৃষ্টি হয়)

অণুচক্রিকা বা থ্রম্বোসাইট (Thrombocyte) বা প্লেটলেট (Plateletes) :

এটি সৃষ্টি হয় অস্থিমজ্জায় ও রক্ততঞ্চনে এর বিশেষ ভূমিকা আছে। সাধারণতঃ 2 লক্ষ 50 হাজার থেকে 5 লক্ষ পর্যন্ত 1 মি.লি. রক্তে থাকে। এর আয়ু 3-10 দিন। ইহাও একটি নিউক্লিয়াস বিহীন কোষ।

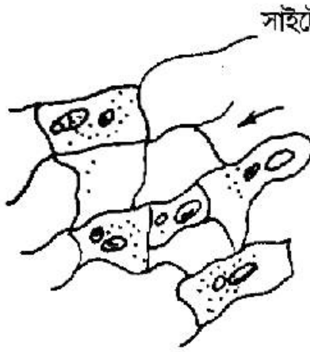
অস্থিকোষ (Bone Cell) :

অপরিণত অস্থিকোষ অর্থাৎ অস্টিওব্লাস্ট দুটি কোষের মধ্যবর্তী আন্তঃকোষীয় স্থানে কোলাজেন নামক প্রোটীন ও ও মিউকোপলিস্যাকারাইড নামক কার্বোহাইড্রেট নিঃসৃত করে। দুটি প্রতিবেশী কোষের মধ্যে সাইটোপ্লাজম নির্মিত বাহুদ্বারা সংযোজন থাকে। তাকে ক্যানালিকুলি (Cannaliculi) বলে। এইটি দুইটি কোষের মধ্যে যোগাযোগ রক্ষা করে। কারণ, কিছুদিন পরে সকল কোষ থেকে নিঃসৃত কোলাজেন, মিউকোপলিস্যাকারইড বিভিন্ন অজৈব আয়ন অর্থাৎ Ca^{2+} $PO_4^{\equiv}$, F', Na^+, Ba^{2+}, $CO_3^=$, OH^-, Mg^{2+}, Pb^{+2}, Cl^- ইত্যাদির সঙ্গে একটি কঠিন ও শক্ত ধাত্র তৈরী করে। এই পদ্ধতিকে বলে ক্যালসিফিকেশন (Calcification)। এই কঠিন বস্তুটির কোন নির্দিষ্ট রাসায়নিক সংকেত নেই। একে হাইড্রোক্সি অ্যাপাটাইট (Hydroxyapatite) বলে।

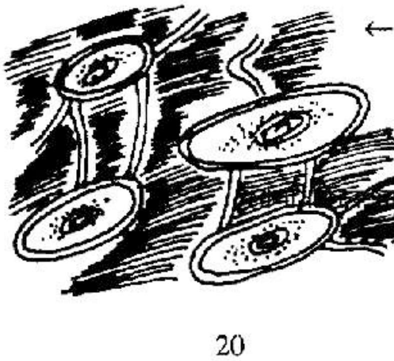
> অপরিণত = অস্টিও ব্লাস্ট (osteoblast)
> পরিণত = অস্টিওসাইট

অস্থিকোষও একটি সংযোজন কলাতন্ত্র গঠন করে।

অস্থিকোষের পরিবর্তন :



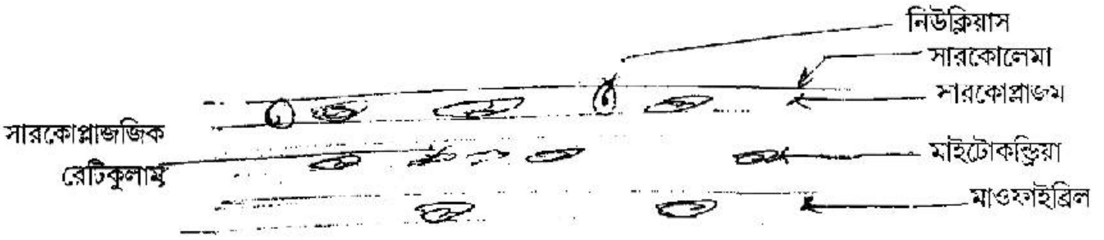
ক্যালসিফিকেশন



পেশীকোষ (Muscle Cell) :

পেশীকোষগুলি অত্যন্ত দীর্ঘ হয়— সাধারণতঃ 1-40 মি.মি. এবং ব্যাস হয় 50 মাইক্রোমি. (μm)। একটি কোষে অনেকগুলি নিউক্লিয়াস থাকে— এমনকি ১০০টি পর্যন্ত নিউক্লিয়াসও দেখা যায়। এইকোষ মধ্যস্থিত সাইটোপ্লাজমকে সারকোপ্লাজম ও প্লাজমাপর্দাকে সারকোলেমা বলে। এই কোষের সাইটোপ্লাজমে জলে অদ্রবনীয় দুটি প্রোটিন থাকে— মায়োসিন ও অ্যাকটিন— যারা পেশী সঞ্চালনে মুখ্য ভূমিকা গ্রহণ করে। এইরকম একটি কোষ মায়োফাইবার (myofibre) অনেকগুলি কোষের সঙ্গে একটি তন্তুমত সৃষ্টি করে তাকে মায়োফাইব্রিল (Myofibril) বলে। মায়োসিন অ্যাকটিন প্রোটীনের ওপর সঞ্চালনের সময় শক্তি অণু এ টি পিকে (ATP) বিশ্লেষণ করে শক্তি নির্গত করে— সেই শক্তি পেশী সঞ্চালনে কাজে লাগে।

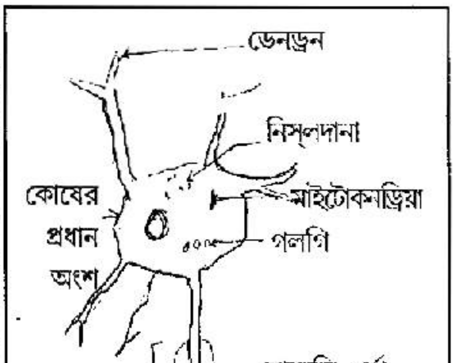
$$\text{ATP} \xrightarrow[\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}]{H_2O} \text{ADP} + \text{Pi} + 7\cdot3 \text{ কিলো-ক্যালরি/মোল}$$



স্নায়ুকোষ (Nerve cell– Neuron) :

বাহিরের উত্তেজনা প্রাণীদেহে বহন করে নিয়ে যাওয়া ও তজ্জনিত প্রাণীদেহের সংবাদ বহন করার কাজ করে স্নায়ুকোষগুলি। মস্তিষ্ক ও সুষুম্নাকাণ্ডের অধিকাংশ কোষই স্নায়ুকোষ। এছাড়াও সমগ্র প্রাণীদেহে ছড়িয়ে রয়েছে অসংখ্য স্নায়ুকোষ। স্নায়ুকোষের প্রধান অংশটিতে যথারীতি পর্দাঢাকা সাইটোপ্লাজম ও সাইটোপ্লাজমে ভাসমান আছে নিউক্লিয়াস, মাইটোকনড্রিয়া, লাইসোজোম, এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলাম ছাড়া আছে নিস্‌লদানা। সাইটোপ্লাজমের কিছু বর্ধিত অংশ কোষের একদিকে তৈরী করে ডেনড্রন— যা কোষে সংবেদন বহন করে আনে ও আরেকদিকে অ্যাক্সন— যা কোষের উত্তেজনা বহন করে নিয়ে যায় পরবর্তী কোষে। ডেনড্রনে থাকে কতকগুলি বিশিষ্ট প্রোটীন যারা গ্রাহক অণু হিসাবে কাজ করে। অ্যাক্সনে থাকে কতকগুলি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র থলি যাতে বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থ যেমন অ্যাসিটাইল-কোলিন, ডোপামিন ইত্যাদি জমা থাকে। ঐ থলিগুলি সময়মত নির্দেশ পেলে অ্যাক্সনের শেষ প্রান্তের পর্দার সঙ্গে মিলিত হয়ে ঐ জৈব অণুগুলিকে পরবর্তী কোষে সংবাদ বহন করে নিয়ে যাওয়ার কাজ করে। অ্যাক্সনের স্বাভাবিক পর্দা ছাড়াও অনেক সময় আরও অনেকগুলি পর পর পর্দা থাকে যাকে মায়োলিন পর্দা বলে। এই মায়োলিন পর্দা অপরিবাহী

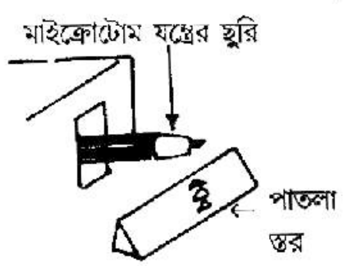
> নিউরোট্রান্সমিটার : যে রাসায়নিক অণুগুলি এক স্নায়ুকোষ থেকে আরেক স্নায়ুকোষে উত্তেজনা নিয়ে যায়। যেমন— অ্যাসিটাইলকোলিশেন ডোপাসিন ইত্যাদি।

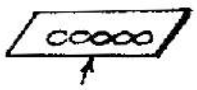


পর্দার কাজ করে। সাধারণতঃ স্নায়ুকোষের ভিতরে ও বাইরে (Na^+ ও K^+) আয়নের সংখ্যার পরিবর্তন ঘটলে স্নায়ুকোষটি সংবেদনশীল হয়ে পড়ে ও থলিগুলি থেকে জৈব অণুগুলি পরবর্তী কোষের ডেনড্রনের গ্রাহক অণুর কাছে উত্তেজনা পৌঁছে দেয়। এইভাবে একটি স্নায়ুকোষ থেকে আরেকটি কোষে খবর পৌঁছে যায়।

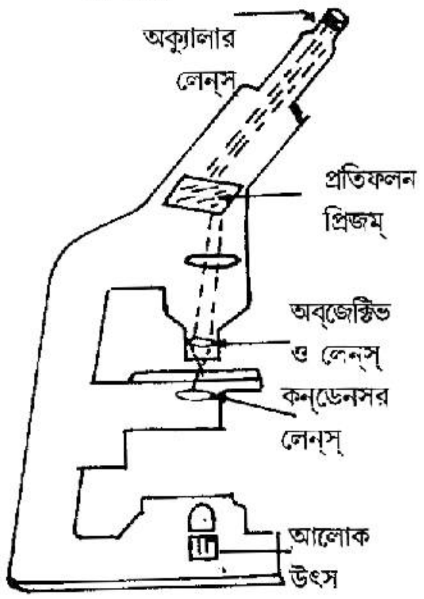
1.5. বিশেষ যন্ত্রের ব্যবহার

বিজ্ঞানের এই শাখাটির উন্নতির পিছনে কয়েকটি যন্ত্রের অপরিসীম অবদান—





কাচের স্লাইডে পাতলা স্তর যা রং করা।



অণুবীক্ষণ যন্ত্র

1. সাধারণ অণুবীক্ষণযন্ত্র (Light Microscope) :

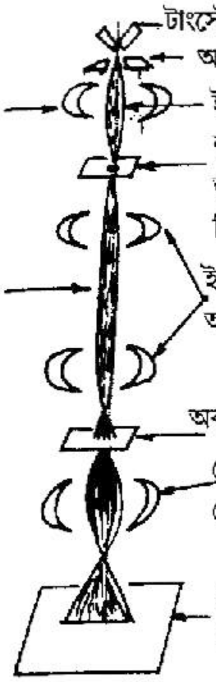
ক্ষারীয় রঞ্জক পদার্থ (যেমন— টলুইডিন ব্লু) নিউক্লিয়াসকে রঞ্জিত করতে পারে, কারণ নিউক্লিয়াসে নিউক্লিক অ্যাসিড একটি আম্লিক অণু। এমনই কোন রঞ্জক পদার্থ যদি আম্লিক হয় তবে তাকে কাজে লাগানো যেতে পারে কোন ক্ষারীয় অঙ্গাণুকে রঞ্জন করার কাজে। এবারে রঞ্জিত বস্তু অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখা সম্ভব।

কোন কোষকে দেখতে হলে ঐ কোষ নির্মিত কোন কলার একটি পাতলা অংশ কেটে নিয়ে স্যালাইন ফরম্যালডিহাইড দ্রবণে কয়েক ঘন্টা ভিজিয়ে রাখতে হয়। এতে কোষের প্রোটীনগুলির গঠন যথাযথ থাকে। ঐ দ্রবণ থেকে তুলে ভালোভাবে ঐ দ্রবণ পরিষ্কার করে গলন্ত (40-50°C) মোমের মধ্যে কলার অংশটি ডুবিয়ে কঠিন হতে দেওয়া হয়। ঐ কঠিন মোমে ডোবানো অংশটি থেকে খুব পাতলা স্তর ($5\mu m$-$10\mu m$) কেটে নেওয়া হয় মাইক্রোটোম নামক যন্ত্রের সাহায্যে। এবারে মোম সরিয়ে প্রয়োজনীয় রঞ্জক পদার্থ দিয়ে রঞ্জিত করে অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দেখা হয়। ইওসিন আম্লিক রং তাই একে সাইটোপ্লাজম, মাইটোকনড্রিয়া ও লাইসোজোমের ধাত্র ও নিউক্লিয়াসের ধাত্র রং করতে ব্যবহৃত হয়।

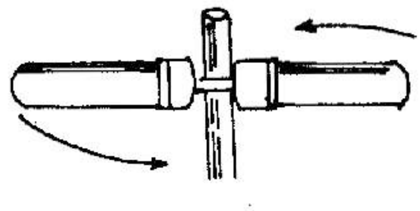
ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপ :

ইলেকট্রনের বীম ফেলা হয় বস্তুটির পাতলা স্তরের ওপরে (এই পাতলা স্তরটি কেটে নেওয়া হয় কোন একটি রেজিন থেকে যার মধ্যে গলন্ত অবস্থায় কলার অংশ নিমজ্জিত করা হয়েছে। কলার এই পাতলা স্তরটিকে অসমিয়াম টেট্রাক্সাইড (OsO_4) রং করা হয়। OsO_4-এ ইলেকট্রনের ঘনত্ব খুব বেশী। ইলেকট্রন বীম এর ওপরে এলে বিকর্ষিত হয়। বিকর্ষিত কণাগুলি ফোটোগ্রাফিক প্লেটের ওপরে পরে তাতে যে বস্তুটি থেকে কণাগুলি বিকর্ষিত হয়ে আসছে তার ছবি তৈরী হয়।

সেন্ট্রিফিউগেশনে প্রাপ্ত বিভিন্ন অঙ্গাণুকে নিয়েও ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপে দেখা যেতে পারে।



সেন্ট্রিফিউজ ও অঙ্গাণু পৃথকীকরণ :



সেন্ট্রিফিউজ

রাইবোজমের উল্লেখে বলা হয়েছে এদের অবক্ষেপণ সহগগুলি 60S, 40S অথবা 50S, 30S। S-কি?

ঐই Sটি এসেছে সোয়েডবার্গ ইউনিট (Swedberg unit = S) শব্দটি থেকে।

ঐই S এলো কোথা থেকে?

[এর উওরে অবেক্ষপণ, অবক্ষেপনের হার কোন দ্রবণের ঘনত্ব, সান্দ্রতা ইত্যাদি বিষয়ের অবতারণা করতে হবে।]

অবক্ষেপণের হার (Rate of sedimentation) নির্ভর করে যে কেন্দ্রাতিগ বল (Centrifugal force) প্রয়োগ করা হবে তার উপরে। কেন্দ্রাতিগ বল আবার নির্ভর করে কৌণিক গতিবেগ (Angular Velocity) ও যন্ত্রের আবর্তকের (rofer) ব্যাসার্ধের ওপরে, এবং ঐ কেন্দ্রাতিগ বল, G হবে।

$$G = w^2 r$$

আবার, $w = 2\pi \text{ rev min}^{-1}/60$

$$= \frac{2\pi \text{ ঘূর্ণন মিনিট}^{-1}}{60}$$

w = ওমেগা = কৌণিক গতিবেগ r = আবর্তকের ব্যাসার্ধ

$$\therefore G = \left(\frac{2\pi \text{ ঘূর্ণন মিনিট}^{-1}}{60}\right)^2 \times r$$

$$= \frac{8\pi^2(\text{ ঘূর্ণন মিনিট}^{-1})^2}{3600} \times r$$

G-কে সাধারণতঃ পৃথিবীর অভিকর্ষজ বলের সাপেক্ষে প্রকাশ করা হয়,

$$\text{অর্থাৎ আপেক্ষিক কেন্দ্রাতিগ বল} = \frac{8\pi(\text{rev min}^{-1}) \times r}{3600 \times 981}$$

[∵ পৃথিবীর অভিকর্ষজ বলের ত্বরণ = 981 সেমি/সেকেন্ড^2]

এই বলটির ব্যবহারেই বিভিন্ন কোষ অঙ্গাণু পৃথকীকরণ সম্ভব।

কোষ সমষ্টিকে অথবা কলাকে প্রথমে সমসত্ত্বকারক যন্ত্রের (Homogeniser) সাহায্যে ও সমচাপমানযুক্ত (isotonic) দ্রবণের মধ্যে সমসত্ত্ব অবস্থায় আনা হয়। এবং এই অবস্থায় কেন্দ্রাতিগ বল প্রয়োগ করলে অঙ্গাণুর ভর, দ্রবণের ঘনত্ব ও সান্দ্রতা এবং অঙ্গাণুর আকৃতি ইত্যাদির ওপর নির্ভর করে অবক্ষেপনের হার।

> সমচাপমানযুক্ত দ্রবণ না হলে অঙ্গাণুগুলি নষ্ট হয়ে যাবে। যদি উচ্চ চাপমানযুক্ত দ্রবণ (Hypertonic) হয় তবে অঙ্গাণুগুলি জল নির্গত করে আকারে ছোট হয়ে যাবে ও অবক্ষেপনের হার ইত্যাদি মিলবে না। যদি নিম্ন চাপমানযুক্ত দ্রবণ (Hypotonic) হয় তবে দ্রবণ থেকে জল অঙ্গাণুতে প্রবেশ করে কিছুক্ষণের মধ্যেই অঙ্গাণুকে ফাটিয়ে দেবে।

যদি ধরে নেওয়া হয় অঙ্গাণুটি গোলাকার, তাহলে তার আয়তন হবে $\frac{4}{3}\pi(r_p)^3$ ও তার ঘনত্ব যদি ρ_p ও যে দ্রবণে আছে তার ঘনত্ব যদি ρ_m হয় তবে,

$$\text{মোট কেন্দ্রাতিগ বল } F = \frac{4}{3}\pi(r_p)^3(\rho_p - \rho_m)w^2.r$$

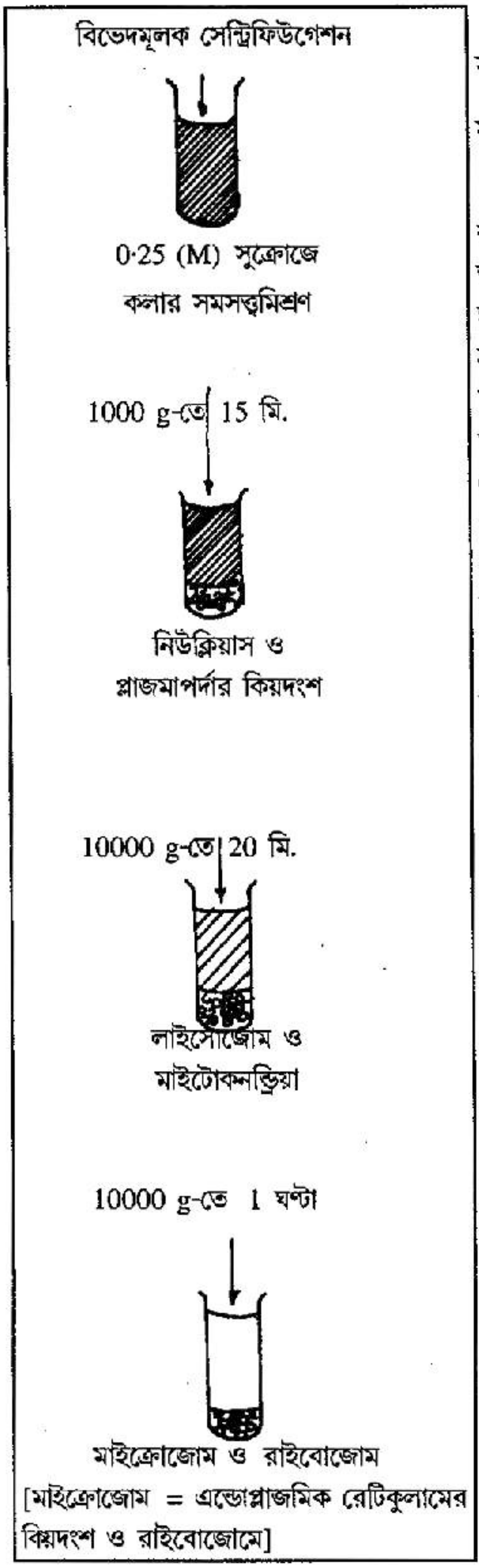
কেন্দ্রাতিগ বলের উপস্থিতিতে অঙ্গাণুটির গতি বাধাপ্রাপ্ত হবে ঘর্ষণজনিত বলের (Frictional Force, F_0) দ্বারা এবং $F_0 = vf$ [v = অবক্ষেপণ হার, f = ঘর্ষণাঙ্ক (frictional coefficient)]।

আবার, $f = 6\pi\eta r_p$. [η = সান্দ্রতাঙ্ক, Viscocity coefficient]

যদি অঙ্গাণুটি প্রকৃত গোলাকার না হয় অথবা জলকণা তার গাত্রে থাকে তাহলে r_p যথাযথ হবে না। তখন স্টোকস্ (Stokes radius) ব্যবহার করতে হবে r_p-র বদলে।

একটি আদর্শ কণার জন্য অবক্ষেপণ হার ও ঘর্ষণজনিত বল সমান হলে কণাটির গতি রুদ্ধ হবে অর্থাৎ $F = F_0$ হলে অর্থাৎ, $\frac{4}{3}\pi(r_p)^3(r_p - r_m)w^2 r = 6\pi r_p v\eta$.

$$\therefore \text{অবক্ষেপণের হার } v = \frac{2(r_p)^2(\rho_p - \rho_m)W^2.r}{9\eta}$$



$v = 0$ হবে যদি অঙ্গাণু অথবা কণাটির ঘনত্ব ও দ্রবণের ঘনত্ব সমান হয়ে যায় এবং অঙ্গাণুটির অবক্ষেপণ হার ভীষণভাবে অঙ্গাণুটির মাপের ওপর নির্ভর করে যেহেতু $(r_p)^2$ এখানে ব্যবহৃত হয়েছে।

একই দ্রবণে যদি সব অঙ্গাণুকে একই কেন্দ্রাতিগ বলের ক্ষেত্রে রাখা হয় তবে অবশ্যই বড় অঙ্গাণুর অবক্ষেপণ হার কম হবে এবং আগে অবক্ষেপিত হবে। অর্থাৎ অল্প সময়েই নিউক্লিয়াস অবক্ষেপিত হবে, অবক্ষেপিত নিউক্লিয়াসকে রেখে ওপর থেকে আবার সমসত্ত্ব দ্রবণটি নিয়ে কেন্দ্রাতিগ বল প্রয়োগ করলে আরেকটু বেশী সময় পরে মাইটোকনড্রিয়া অবক্ষেপিত হবে। তাকেও আলাদা করে রেখে ওপরের দ্রবণ থেকে ক্রমান্বয়ে লাইসোজোম, এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলাম, রাইবোজোম ইত্যাদিকে পৃথক করা যাবে। এই পদ্ধতিতে পৃথকীকরণের নাম বিভেদমূলক সেন্ট্রিফিউগেশন (Differiential centrifugation)। কার্যক্ষেত্রে প্রতি ধাপে কেন্দ্রাতিগ বল বাড়ানো হয়।

যদি বিভিন্ন ঘনত্বের মাধ্যমে ব্যবহার করে অঙ্গাণু পৃথক করা হয় তাহলে যখন ρ_m এবং ρ_p এক হয়ে যাবে তখন ঐ অঙ্গাণুটির চলন বন্ধ হয়ে যাবে। তাই বিভিন্ন ঘনত্বের সুক্রোজ দ্রবণ পরপর সাজিয়ে এবং ওপরের স্তরে কোষের সমসত্ত্ব দ্রবণটি ব্যবহার করে কেন্দ্রাতিগ বল প্রয়োগ করলে সবথেকে বেশী ঘনত্বের স্তরে নিউক্লিয়াস, তার ওপরের স্তরে মাইটোকনড্রিয়া, ক্রমশঃ লাইসোজোম, এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলাম ইত্যাদি বিভিন্ন স্তরে অবক্ষেপিত হবে। এবারে ঐ বিভিন্ন স্তর থেকে বিভিন্ন অঙ্গাণুগুলিকে পিপেটে অথবা ড্রপারের সাহায্যে পৃথক করা যাবে। একে বলা হয় ঘনত্ব প্রভেদ সেন্ট্রিফিগেশন (Density gradient centrifugation)।

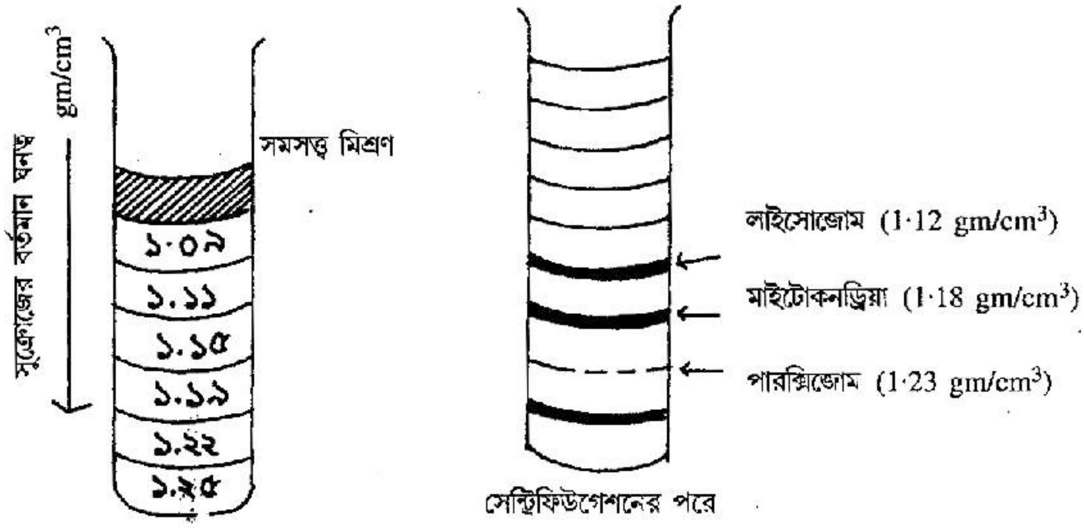
যদি অঙ্গাণুটি প্রকৃত গোলাকার না হয় ও জলকণা যদি লেগে থাকে তাহলে $v = \dfrac{2r^2 p(\rho_p - \rho_m)w^2 r}{9\eta(f / f_0)}$

[যেখানে f_0 = আদর্শ ঘর্ষণাঙ্ক ও f = প্রকৃত ঘর্ষণাঙ্ক]

যদি অবক্ষেপণের হারকে প্রতি একক কেন্দ্রাতিগ বলের দ্বারা প্রকাশ করতে হয় তাহলে $v = S.w^2.r.$

যেখানে S = সেডিমেন্টেশান কোএফিসিয়েন্ট বা অবক্ষেপণ সহগ

যেহেতু S-এর মান খুব কম তাই একে সোয়েডবার্গ একক হিসাবে প্রকাশ করা হয় যেখানে $10^{-13} = 1S$.



1.6. প্রাণরসায়ণ অণু— প্রাথমিক ধারণা

তালিকা 1.1. :

কোষে প্রাপ্ত প্রাণ রসায়ন অণু	শতকরা শুষ্ক ওজন
প্রোটীন	71
লিপিড	12
নিউক্লিক অ্যাসিড	7
কার্বোহাইড্রেট	5
অজৈব যৌগ ও অন্যান্য	5

তালিকা 1.2. :

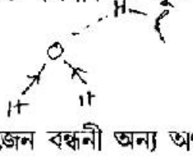
কোষে প্রাপ্ত বিভিন্ন মৌল	শতকরা ওজন
অক্সিজেন	65
কার্বন	18
হাইড্রোজেন	10
নাইট্রোজেন	3
ক্যালসিয়াম	1.5
ফসফরাস	1.0

কোষে প্রাপ্ত বিভিন্ন মৌল	শতকরা ওজন
সালফার	0.25
পটাসিয়াম	0.20
সোডিয়াম	0.15
ক্লোরিন	0.15
ম্যাগনেসিয়াম	0.05
লৌহ, জিঙ্ক তাম্র, ম্যাঙ্গানীজ ইত্যাদি	খুবই কম

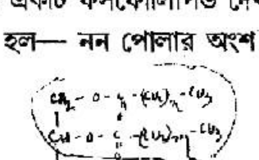
1.7. প্রাণিদেহে জল ও বাফার

জলের সঙ্গে জলের
হাইড্রোজেন বন্ধনী

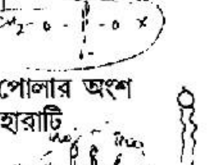
কার্যকরী আণবিক ওজন
$18 \times 4 = 72$
∴ উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক



হাইড্রোজেন বন্ধনী অন্য অণুর সঙ্গে
নীচে একটি ফসফোলিপিড দেখানো
হল— নন পোলার অংশ



পোলার অংশ
অতএব চেহারাটি



জলের পোলার অংশটি জলের দিক থেকে
বাকী অংশ জল থেকে সরে থাকবে

জল ও তার আবশ্যিকতা :

কোষের 70-80% জল। জল সাইটোপ্লাজমের জেলীমত মিশ্র পদার্থটির অবিচ্ছিন্ন দশা (Continuous phase)। সজীব কোষে অন্য কোন দ্রাবক নেই— জলই কেননা—

ক) জলের উচ্চ গলণাঙ্ক ও উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক, উচ্চ বাষ্পীভবন তাপ, উচ্চ গলন তাপ, উচ্চ পৃষ্ঠটান (surface tension)। তুলনামূলক আণবিক ওজনের NH_3 ও H_2S যেখানে গ্যাস, জল যেখানে তরল। এই তরলকে বাষ্পে পরিণত করতে হলে অনেকটা উষ্ণতা দিতে হবে।

খ) H_2O. হাইড্রোজেন বন্ধন (Hydrogen bonding) গঠন করতে পারে বলেই উপরিউক্ত গুণাবলী আছে।

গ) সাধারণতঃ আয়নিক ও পোলার যৌগ হলে দ্রবীভূত হয়। কার্বোহাইড্রেট-এ অবস্থিত অনেক –OH গ্রুপ জলের সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধনী করে জলে দ্রবীভূত হয়।

ঘ) লিপিড-এর নন পোলার বা আয়নহীন অংশটুকুর জন্য লিপিড জলে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু এক অদ্ভুত বিন্যাস সৃষ্টি করে যাকে বলে মহিসেলী। এই বিন্যাসটি পাশে দেখানো হল। এতে পাশাপাশি দুইটি লিপিড অণুর নন পোলার অংশদুটির মধ্যে হাইড্রোফোবিক মিথস্ক্রিয়া (interaction) ঐ বিন্যাসকে স্থায়িত্ব দেবে। এ সম্পর্কে লিপিডের এককে বিশদ আলোচনা করা হয়েছে।

ঙ) 25°C তাপমাত্রায় 10^{-7} মোল H^+ আয়ন ও 10^{-7} মোল OH^- থাকে 1 লিটার জলে। এবং H^+ থাকে H_3O^+ রূপে।

তড়িৎ প্রবাহের ফলে H_3O^+ কিন্তু Na^+ ও K^+-এর তুলনায় দ্রুতগতিতে চলে কারণ, H^+ একটি অণু থেকে আরেকটি অণুতে

লাফিয়ে (jumping) চলে। এই ঘটনাকে বলে টানেলিং (tunneling)। এই ঘটনা কঠিন বরফেও দেখা যায়।

উপরিউক্ত কারণগুলির জন্যই প্রকৃতি সজীব কোষের অণুগুলির দ্রাবক হিসাবে জলকে বেছে নিয়েছে।

বাফার :

কোন দ্রবণের যদি H^+ এর ঘনত্ব-এর পরিবর্তনকে বাধা দেবার ক্ষমতা থাকে তবে ঐ দ্রবণকে বলা হয় বাফার। সাধারণতঃ দুর্বল অ্যাসিড ও তার লবণ অথবা দুর্বল ক্ষার ও তার লবণের মিশ্রণের এই ধর্ম দেখা দেয়।

কোষ বহিঃস্থ তরলের বাফার ক্রিয়া

ক) HCO_3^--H_2CO_3 তন্ত্র

দুর্বল অ্যাসিড $H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ $\quad pK = 3.8$

হ্যান্ডারসন-হাসেলবাক্ (Handerson-Hasselbach) সমীকরণ বলে $pH = pK + \log \dfrac{[\text{লবণ}]}{[\text{অ্যাসিড}]}$

যদি $pH = 3{\cdot}8$ হত তাহলে এই তন্ত্র খুব ভালো বাফার ক্রিয়া দেখাতো কারণ সমপরিমাণ লবণ ও অ্যাসিড থাকলে সবথেকে বেশী বাফার ক্রিয়া দেখানোর কথা।

কিন্তু কোষ বহিঃস্থ তরল অর্থাৎ প্লাজমা বা রক্তরসের $pH = 7.4$ ঐ তন্ত্র কিন্তু রক্তরসে খুব ভালো বাফার ক্রিয়া দেখায়। কারণ, পরবর্তী দুটি সাম্যাবস্থা বিক্রিয়া,

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H_2O + CO_2 \text{ (জল)}$$

$$CO_2 \text{ (জলে)} \rightleftharpoons CO_2 \text{ (গ্যাস)}$$

হেনরী সূত্র বলে, জলে কোন গ্যাসের দ্রবণীয়তা ঐ গ্যাসের আংশিক চাপের সমানুপাতিক। তাই বাইকার্বনেট বাফার তন্ত্রও তাহলে CO_2 গ্যাসের আংশিক চাপের ওপর নির্ভরশীল।

$$\therefore pH = pK + \log \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

যখন, H^+-এর ঘনত্ব বেড়ে যাবে তখন

$$HCO_3^- + H^+ \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H_2O + CO_2 \text{ (g)}$$

হয়ে, গ্যাসীয় CO_2 ফুসফুস দিয়ে নির্গত হতে পারে যখন OH^--এর ঘনত্ব বেড়ে যাবে তখন

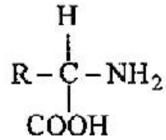
$$H_2CO_3 + OH^- \rightleftharpoons H_2O + HCO_3^-$$

এবং $\quad CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3.$

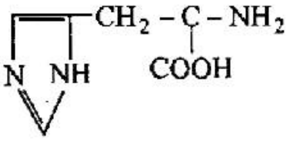
হয়ে আরও CO_2 জলে দ্রবীভূত হবে।

যেহেতু আমাদের বিপাকীয় ক্রিয়ায় শেষ পর্যন্ত CO_2 তৈরী হয় খাদ্যবস্তু থেকে, তাই সবসময়েই CO_2-এর একটা ভাণ্ডার থাকে প্রাণীদেহে।

খ) অ্যামিনো অ্যাসিড যার সাধারণ সংকেত



একটি দুর্বল অ্যাসিড ও একটি দুর্বল ক্ষারীয় গ্রুপ সমন্বিত— সেটি রক্তরসে বাফার ক্রিয়া দেখাতে পারে। সব রকম অ্যামিনো অ্যাসিডের মধ্যে হিস্টিডিন-এর সংকেতে R-গ্রুপটির pK = 6·9 এবং সেটি 7·4-এর কাছাকাছি বলে হিস্টিডিন ভালো বাফার।



গ) রক্তরসের প্রোটীনগুলিরও কিছু বাফার ক্রিয়া করবার ক্ষমতা আছে।

আন্তঃকোষীয় তরলের বাফার

1) $H_2PO_4^{-}$-$HPO_4^{=}$-বাফার তন্ত্র, pK = 7.2

$$pH = pK + \log\frac{\left[HPO_4^{=}\right]}{\left[H_2PO_4^{-}\right]}$$

$$Hb + O_2 \rightleftharpoons HbO_2 + H^+$$
$$HbO_2 + O_2 \rightleftharpoons HbO_4 + H^+$$
$$HbO_4 + O_2 \rightleftharpoons HbO_6 + H^+$$
$$HbO_6 + O_2 \rightleftharpoons HbO_8 + H^+$$

2) সব রকমের অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি— বিশেষতঃ হিস্টিডিন।

3) হিমোগ্লোবিন (Hb)-একটি প্রোটীন যা RBC-তে থাকে এবং O_2 ও CO_2 বহন করে। এই প্রোটীনে চারটি পলিপেপটাইড শৃঙ্খল (Polypeptide chain) আছে— দুটি α ও দুটি β। প্রত্যেকটি চেইন-এ O_2 বহন করবার সময় এটি একটি করে H^+ ত্যাগ করে। এই বিক্রিয়ায় একটি সাম্যাবস্থা আছে। একে বলে বোহর্ এফেক্ট (Bohr-effect)।

হিমোগ্লোবিন

4) অন্যান্য প্রোটীনগুলোও কিছু কিছু বাফার ক্রিয়া প্রদর্শন করে।

5) কিছু জৈব ফসফেট যেমন— গ্লুকোজ-6-ফসফেট ATP ইত্যাদিও বাফার ক্রিয়া প্রদর্শন করে।

তালিকা 1.3. :

কিছু জৈবিক তরলের pH :

রক্তরস	7·4
সাইটোপ্লাজম	6·9
লাইসোজোমাল ধাত্র	5·5–6·5
পাকস্থলীর রস (Gastic juice)	1·5–3·0
অগ্ন্যাশয়ের রস (Pancreatic juice)	7·8–8.0
লালারস (Saliva)	6·4–7·0
মূত্র	5·0–8·0

যদি খাদ্যবস্তু থেকে অতিরিক্ত H^+ উৎপন্ন হয় তাহলে H^+-কে HCO_3^- প্রশমিত করে ফুসফুস-এর সাহায্যে CO_2 নির্গত করে। যদি নিউমোনিয়া বা হাঁপানী বা অন্য কোন রোগে ফুসফুস আক্রান্ত থাকে তাহলে রোগী ফুসফুসে খুব চাপ অনুভব করে। এই মেটাবলিক অ্যাসিডোসিসে (metabolic acidosis) শ্বাসপ্রশ্বাসের ধীর গতি হয়। দ্রুতগতি শ্বাস-প্রশ্বাস অ্যালকালোসিসের (Alkalosis)-এর লক্ষণ।

অ্যাসিডোসিসে $NaHCO_3$ ও অ্যালকালোসিসে NH_4Cl জাতীয় লবণ দিয়ে চিকিৎসা করা হয়।

1 মিলি 10(N) HCl যদি 1 লিটার 0·7% লবণের দ্রবণে যোগ করা হয় তাহলে লবণের দ্রবণের pH হবে 2·0।

কিন্তু 1 মিলি 10(N) HCl যদি 1 লিটার রক্তরসে যোগ করা হয় pH 7·4 থেকে কমে হবে 7·2— এমনই শক্তিশালী রক্তরসের বাফার তন্ত্র।

1.8. প্রাণরসায়ন অণুর সৃষ্টি

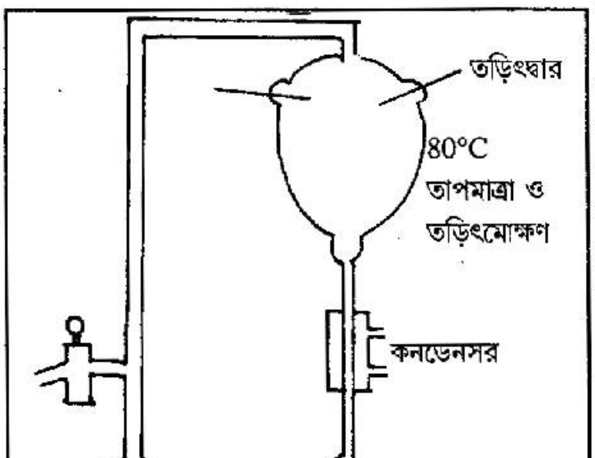
প্রায় 4·5 বিলিয়ন বছর আগে পৃথিবীর সৃষ্টি এবং 3·4 বিলিয়ন বছর আগে প্রাণের সৃষ্টি। কিন্তু কি করে?

এখন বায়ুতে যে 21% অক্সিজেন আছে পৃথিবীর সৃষ্টির আদিতে তো ছিল না। সৃষ্ট প্রাণ একটি বিজারণ আবহাওয়াকে জারণ আবহাওয়ায় পরিবর্তিত করল।

1 বিলিয়ন = 1000 মিলিয়ন
1 মিলিয়ন = 10 লক্ষ
অর্থাৎ 10^9

1920 সালে অপারিন (Oparin) এবং হল্ডেন (Haldane) বললেন, সূর্যের অতি বেগুনী রশ্মি (Ultraviolet ray, UV) এবং তড়িৎক্ষরণ ঐ আবহাওয়াতে ছোট ছোট রাসায়নিক অণু থেকে অ্যামিনো অ্যাসিড, নিউক্লিক অ্যাসিডের ক্ষার, শর্করা জাতীয় অণু (sugar) সৃষ্টি করেছে।

1953 সালে স্ট্যানলি মিলার (Stanley Miller) ও হ্যারল্ড ইউড়ে (Haurold Urey) একটি বৈজ্ঞানিক পরীক্ষা করলেন। একটি কাচের গোলকের দুই পাশে দুইটি নির্গম নল ও স্টপকক আছে। দুইটি তড়িৎদ্বার প্রবেশ করানো আছে দুইদিক থেকে। ঐ গোলকের ভিতরে H_2O, CH_4, NH_3 ও H_2 গ্যাসভরে তড়িৎ মোক্ষণ (Electric discharge) করার ফলে উৎপন্ন পদার্থকে ঠাণ্ডা করে বিশ্লেষণ করে দেখা গেছে তাতে অ্যামিনো অ্যাসিড, কিছু ক্ষার ও শর্করা জাতীয় যৌগ প্রস্তুত হয়েছে।



ঠাণ্ডা করার পরে উৎপন্ন যৌগ = অ্যামিনো অ্যাসিড, জৈব ক্ষার, অ্যামিন, জৈব অ্যাসিড, ইউরিয়া

ঐ আদিম আবহাওয়াতে ঐ ছোট অণুগুলি সৃষ্টির পরে সমুদ্রে ও ছোট ছোট হ্রদে দ্রবীভূত হয়ে কাদার পৃষ্ঠতলে ছোট অণু থেকে পলিপেপটাইড, RNA ইত্যাদি সৃষ্টি করত। কাদার পৃষ্ঠতল অনুঘটকের কাজ করত। এই সৃষ্টির সময় আর্দ্র বিশ্লেষণেরও সম্ভাবনা ছিল। যদি তখনকার পৃথিবীর পৃষ্ঠতলের তাপমাত্রা বেশী হত তাহলে আর্দ্র বিশ্লেষণের হার বেশী হত। তা যখন হয়নি— অণুগুলির সৃষ্টির কাজই বেশী হয়েছে— তা থেকে অনুমান করা যেতে পারে যে তখন পৃথিবীর পৃষ্ঠতলের তাপমাত্রা কম ছিল (সম্ভবতঃ 21°C)— বেশী নয়।

মনে করা হয় আদিম প্রজনন-ক্ষম অণু হল RNA— কারণ,

1) RNA, DNA-এর মত একটির ওপরে আরেকটি সৃষ্টি হতে পারে।

2) কোন কোন ভাইরাসে RNA-ই বংশগতি অণু।

3) RNA-র উৎসেচকের মত কোন অনুঘটকের মত কার্যকরী ক্ষমতা আছে।

4) রাইবোজোমে $\frac{2}{3}$ অংশ RNA এবং $\frac{1}{3}$ অংশ প্রোটীন।

1.9. সংক্ষিপ্তসার :

- সমস্ত সজীব কোষকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়— প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক। প্রোক্যারিওটিকে কোন অঙ্গাণু নেই ও কার্যকলাপ খুবই সরল। ইউক্যারিওটিকে অনেকগুলি অঙ্গাণু আছে এবং বিভিন্ন অঙ্গাণুর নির্দিষ্ট কাজ আছে। ইউক্যারিওটিক কোষ আকারে প্রোক্যারিওটিক থেকে 1000 গুণ বড়। উচ্চতর সকল প্রাণী ও উদ্ভিদ কোষ ইউক্যারিওটিক কোষ। ভাইরাস নিউক্লিক অ্যাসিড ও প্রোটীনের সমন্বয়। কোন আশ্রয়দাতা ছাড়া এটি বংশবৃদ্ধি করতে পারে না।
- প্রাণীদেহে সকল কোষই ইউক্যারিওটিক হলেও কতকগুলি কোষের গঠন ও কার্যপ্রণালী একটু বিশেষ ধরনের। যেমন— রক্তকোষগুলি (লোহিত রক্তকণিকা, শ্বেত রক্তকণিকা ইত্যাদি), পেশীকোষ, অস্থিকোষ, স্নায়ুকোষ ইত্যাদি। প্রত্যেকটির গঠন, আয়ুষ্কাল, কার্যক্ষমতা আলাদা।
- সজীব কোষে 70-80% জল ও বাকীটা কঠিন পদার্থ। এই কঠিন পদার্থের মধ্যে 71% প্রোটীন। অক্সিজেন, কার্বন ও হাইড্রোজেনই মোট মৌলের 99% দখল করেছে। বাকীরা খুবই সামান্য পরিমাণে আছে।
- সজীব কোষ একটি নির্দিষ্ট pH-এ সজীব এবং এই pH রাখতে সাহায্য করে বেশ কয়েকটি বাফার ক্রিয়া।
- ইউক্যারিওটিক কোষের অঙ্গাণুগুলিকে সেন্ট্রিফিউগেশন পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় ও ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপের সাহায্যে দেখা যায়।

1.10. সহায়িকা প্রশ্ন :

বস্তুমুখী প্রশ্ন (objective type question) :

1। নীচের কোষগুলিকে মাপ অনুযায়ী সাজাতে হবে।
উদ্ভিদ কোষ, ব্যাকটেরিওফাজ, এশিরিশিয়া কোলি, যকৃৎ কোষ।

2। মিথিলীন ব্লু কোন বস্তুগুলিকে রং করতে পারবে?
লাইসোজোম, নিউক্লিয়াস, মাইটোকনড্রিয়া, এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলাম, সাইটোপ্লাজম।

3। একজন প্রাপ্তবয়স্ক লোকের কতগুলি RBC থাকা উচিত?

4। মাইক্রোজোম কি বিশেষ কোন অঙ্গাণু?

5। _____ আসলে কণা কোন অঙ্গাণু নয়।

বিষয়মুখী প্রশ্ন (subjective type question) :

1। কোন কণা –10°C-এ রেখে তারপরে ঘরের তাপমাত্রায় এনে সেন্ট্রিফিউগেশন পদ্ধতিতে অঙ্গাণু পৃথক করা যাবে?

2। প্রোক্যারিওটিক ও ইউক্যারিওটিক কোষের মধ্যে তিনটি বিশেষ পার্থক্য কি?

3। $H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ এই বিক্রিয়ার pK-এর মান = 3·8। অথচ HCO_3^-/H_2CO_3 7·4 pH-এটি একটি ভালো বাফার। কেন?

4। RNA-কেই আদি প্রাণরসায়ন অণু বলা হয় কেন?

5। সজীব কোষে জল কতটা থাকে? থাকার তাৎপর্য কি?

সহায়িকা প্রশ্নের উত্তর :

বস্তুমুখী প্রশ্ন :

1। ব্যাকটেরিওফাজ < এশিরিশিয়া কোলি < উদ্ভিদ কোষ < যকৃৎ কোষ।

2। মিথিলীন ব্লুতে একটি ধনাত্মক তড়িতাধান আছে তাই যেখানে ঋণাত্মক তড়িতাধান যুক্ত কোন যৌগ থাকবে সেখানে মিথিলীন ব্লু আবদ্ধ হবে। লাইসোজোমের pH আম্লিক অর্থাৎ ঋণাত্মক তড়িতাধান যুক্ত আয়ন থাকবে, নিউক্লিয়াসে ও মাইটোকন্ড্রিয়ায় নিউক্লিক অ্যাসিড থাকে যেগুলি ঋণাত্মক তড়িতাধানযুক্ত সেখানে মিথিলীন ব্লু আবদ্ধ হয়ে রং করতে পারবে।

3। 50 লাখ/1 মিলি রক্তে।

4। না; এন্ডোপ্লাজমিক রেটিক্যুলামের কিয়দংশ ও রাইবোজোম প্রায় 1,00,000g-তে 1 ঘণ্টা সেন্ট্রিফিউজ করলে সাইটোপ্লাজম থেকে আলাদা হয়ে অবক্ষেপিত হয়। এইটিকে মাইক্রোজোম বলে।

5। রাইবোজোম— প্রোটীন ও RNA-এর মিশ্রণ।

বিষয়মুখী প্রশ্ন :

1। না; কারণ, –10°C-এ রাখলে কোষে উপস্থিত জল জমে বরফ হবে এবং তখন $(H_2O)_4$— অর্থাৎ 4টি করে জল অণু হাইড্রোজেন বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকবে। তাতে যে জায়গা লাগবে তাতে বরফের আয়তন সমপরিমাণ জল থেকে বেশী হয়ে যাবে। এই বরফ অঙ্গাণুগুলিকে তখন ফাটিয়ে দেবে তাই সেন্ট্রিফিউগেশন পদ্ধতিতে আর পৃথক করা যাবে না।

2। 1.3. অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

3। 1.7. অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

4। 1.8 অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

5। 1.7 অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

প্রাসঙ্গিক পুস্তক :

1) মলুক্যুলার বায়োলজী অফ সেল— শিলার ও বিয়াঙ্কি

2) বায়োকেমিস্ট্রি— এ. লেহ্নিনজার

একক 2. □ অ্যামিনোঅ্যাসিড ও প্রোটীন

2.1. প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

2.2. অ্যামিনো অ্যাসিডের গঠন সংকেত

2.3. অ্যামিনো অ্যাসিডের শ্রেণী বিভাগ

প্রশম

ননপোলার

পোলার

অ্যাসিডিক

ক্ষারীয়

শুধু প্রোটীনে প্রাপ্ত অ্যামিনো অ্যাসিড

শুধু স্বাধীনভাবে প্রাপ্ত অ্যামিনো অ্যাসিড

2.4. অ্যামিনো অ্যাসিডের ধর্ম

ভৌতধর্ম

রাসায়নিক ধর্ম

2.5. অ্যামিনো অ্যাসিড পৃথকীকরণ পদ্ধতি

2.6. অ্যামিনো অ্যাসিডের প্রয়োজনীয়তা

2.7. প্রোটীন কি?

2.8. প্রোটীনের প্রকারভেদ

আম্লিক ও ক্ষারকীয়

সাধারণ ও অনুবন্ধী

ফাইব্রাস ও গ্লোবিউলার

প্রাথমিক, মাধ্যমিক, ত্রিতীয়ক ও চতুর্থক

2.9. প্রোটীনের গঠন

2.10. প্রোটীনের ধর্ম

2.11. প্রোটীন পৃথকীকরণ পদ্ধতি

ডায়ালিসিস

আলট্রা সেন্ট্রি ফিউগেশন
মলুক্যুলার এক্সক্লুশান ক্রোমাটোগ্রাফি
আইসোইলেকট্রিক অধঃক্ষেপন
সল্টিং ইন-সল্টিং আউট
দ্রাবক বিভাজন প্রক্রিয়া
আয়ন এক্সচেঞ্জ ক্রোমাটোগ্রাফি
জেল ইলেকট্রোফোরেসিস
অ্যাফিনিটি ক্রোমাটোগ্রাফি
পরিশোষণ
2.12. প্রোটীনে অ্যামিনো অ্যাসিডের ক্রম নির্ণয়
2.13. প্রোটীনের অন্যান্য বিক্রিয়া
2.14. প্রোটীনের কাজ
2.15. সংক্ষিপ্তসার
2.16. সহায়িকা প্রশ্নোত্তর ও প্রাসঙ্গিক পুস্তক
বস্তুমুখী
বিষয়মুখী
ও প্রাসঙ্গিক পুস্তক

2.1. প্রস্তাবনা :

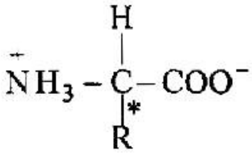
উদ্দেশ্য :

আগেই বলা হয়েছে (তালিকা 1) যে, একটি সজীব কোষের শুষ্ক ওজনের প্রায় 70%-ই প্রোটীন। এই প্রোটীন আবার কতকগুলি অ্যামিনো অ্যাসিডের সমষ্টি। তাহলে প্রাণ রসায়ণ অণুর আলোচনায় প্রথমেই অ্যামিনো অ্যাসিড-এর সম্পর্কে জেনে নেই।

2.2. অ্যামিনো অ্যাসিডের গঠন সংকেত :

অ্যামিনো অ্যাসিডের সাধারণ সংকেত হল— $NH_2 - \overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle R}{C}} - COOH$

R– বিভিন্ন হলে বিভিন্ন অ্যামিনো অ্যাসিড হবে। এই রকম 20টি বিভিন্ন অ্যামিনো অ্যাসিডকে প্রোটীনে অথবা স্বাধীনভাবে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। আবার, কয়েকটি অ্যামিনো অ্যাসিড আছে যাদেরকে প্রোটীনে পাওয়া যায় কিন্তু স্বাধীনভাবে পাওয়া যায় না। কারণ, এই অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি সৃষ্টি হয় প্রোটীন তৈরী হয়ে যাওয়ার পরে প্রোটীনে উপস্থিত অ্যামিনো অ্যাসিডগুলির প্রাণ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে। আবার, কিছু অ্যামিনো অ্যাসিড আছে যাদেরকে স্বাধীনভাবেই শুধু দেখা যায়— কোন প্রোটীন সৃষ্টিতে এরা অংশগ্রহণ করে না।

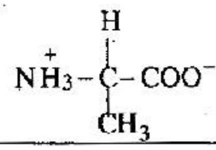
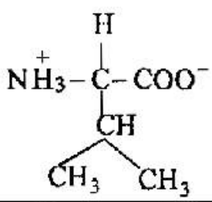
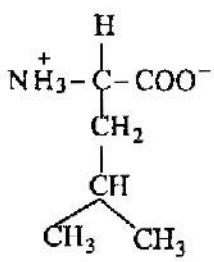

জুইটারায়ন

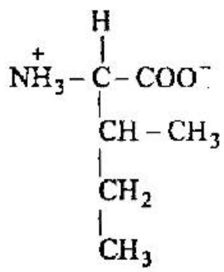
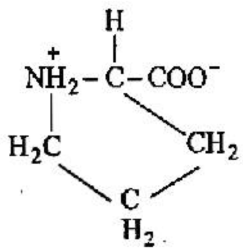
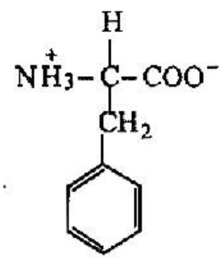
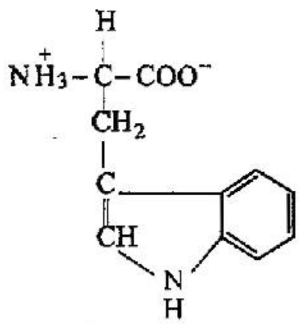
কার্বক্সিলিক অ্যাসিড গ্রুপের pK-এর মান 4·76 ও অ্যামিনো গ্রুপের pK-এর মান 10·05, সুতরাং জলে ও স্ফটিকাকারে (crystalline state) এই দুইটি গ্রুপেই আয়নিত অবস্থায় থাকবে। এরপর থেকে আমরা তাই ব্যবহার করব। একে বলে জুইটারায়ন (Zwitterion) অথবা ডাইপোলার আয়ন।

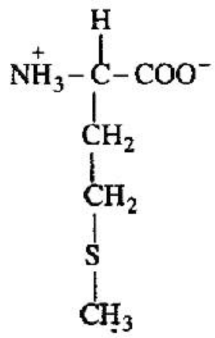
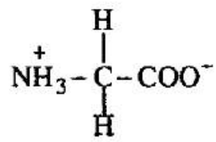
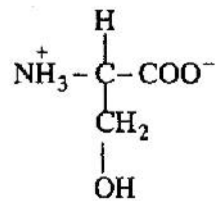
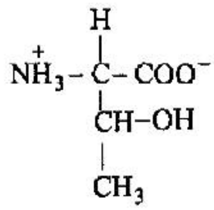
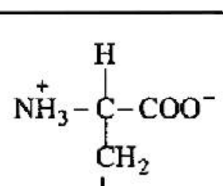
2.3. অ্যামিনো অ্যাসিডের শ্রেণী বিভাগ :

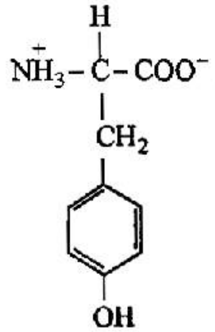
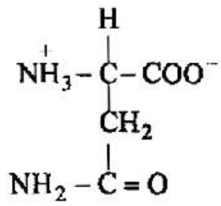
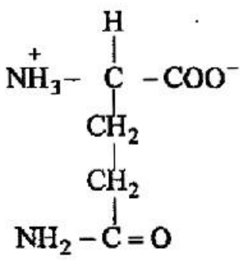
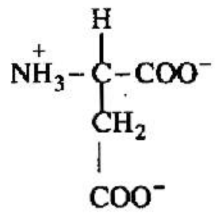
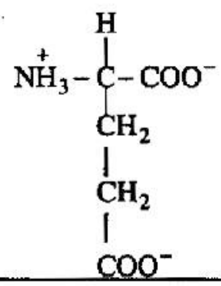
R-গ্রুপের ধর্মের উপর নির্ভর করে অ্যামিনো অ্যাসিডকে কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যায়। সেই বিভাগ অনুযায়ী অ্যামিনো অ্যাসিডের গঠন ও সংকেত, সংক্ষিপ্ত তিন অক্ষরের নাম ও সংক্ষিপ্ত এক অক্ষরের নাম দেওয়া হল। অ্যামিনো অ্যাসিডগুলির সংকেত ও নাম মুখস্থ করা আবশ্যক না হলে পরবর্তী পর্যায়ে আলোচনা অগ্রসর হবে না।

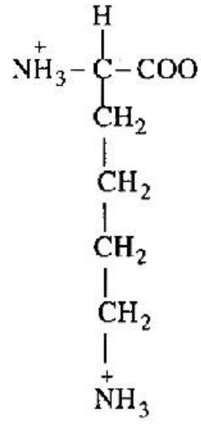
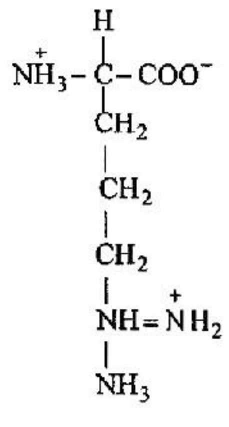
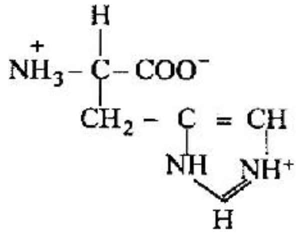
তালিকা 2.1.

নাম	সংকেত	তিন অক্ষরের নাম	এক অক্ষরের নাম
প্রশম নন্ পোলার (neutral non-polar) R গ্রুপ : অ্যালানিন (আঃ গুঃ 89)		Ala	A.
ভ্যালিন (আঃ গুঃ 117)		Val[e]	V.
লিউসিন (আঃ গুঃ 131)		Leu[e]	L

নাম	সংকেত	তিন অক্ষরের নাম	এক অক্ষরের নাম
আইসোলিউজিন (আঃ গুঃ 131)		Ile[e]	I
প্রোলিন (আঃ গুঃ 115)		Pro (একে অ্যামিনো অ্যাসিডও বলা হয়)	p
ফিনাইল অ্যালানিন (আঃ গুঃ 165)		Phe.[e]	F
ট্রিপটোফ্যান (আঃ গুঃ 208)		Trp.[e]	W

নাম	সংকেত	তিন অক্ষরের নাম	এক অক্ষরের নাম
মিথায়নিন (আঃ গুঃ 149)		Met^e	M.
প্রশম পোলার R-গ্রুপ :			
গ্লাইসিন (আঃ গুঃ 75)		Gly.	G.
সেরিন (আঃ গুঃ 105)		Ser.	S.
থ্রিওনিন (আঃ গুঃ 119)		Thr^e	T
সিস্টাইন (আঃ গুঃ 121)		Cys.	C.

নাম	সংকেত	তিন অক্ষরের নাম	এক অক্ষরের নাম
টাইরোসিন (আঃ গুঃ 181)		Tyr.	Y.
অ্যাসপারজিন (আঃ গুঃ 132)		Asn.	N.
গ্লুটামিন (আঃ গুঃ 146)		Gln.	Q.
অ্যাসিড R-গ্রুপ :			
অ্যাসপারটিক অ্যাসিড (আঃ গুঃ 133)		Asp.	D.
গ্লুটামিক অ্যাসিড (আঃ গুঃ 147)		Glu.	E

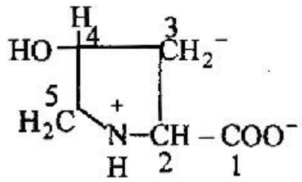
নাম	সংকেত	তিন অক্ষরের নাম	এক অক্ষরের নাম
ক্ষারীয় R-গ্রুপ :			
লাইসিন (আঃ গুঃ 146)		Lys.[e]	K.
আরজিনিস (আঃ গুঃ 174)		Arg[e]	R.
হিস্টিডিন (আঃ গুঃ 155)		His[e]	H

যে অ্যামিনো অ্যাসিডগুলির সংকেতের ওপরে 'e' অক্ষরটি আছে সেইগুলি আবশ্যিক বা essential অ্যামিনো অ্যাসিড প্রাণীদেহের জন্য। কারণ, প্রাণীদেহে ঐগুলির সংশ্লেষণ সম্ভব নয়। ঐগুলিকে খাদ্যবস্তুর মাধ্যমে গ্রহণ করতে

হবে না হলে পুষ্টি সম্পূর্ণ হবে না। এমন অ্যামিনো অ্যাসিড ৮টি আছে। ⓪-এইরকম চিহ্ন দেওয়া আছে Arg ও His-এর মাথায়। এইদুটি অ্যামিনো অ্যাসিড শিশু (Infant)-দের জন্য আবশ্যিক প্রাপ্তবয়স্কদের জন্য নয়। অন্যান্য অ্যামিনো অ্যাসিডগুলিকে প্রাণীদেহে সংশ্লেষণ সম্ভব— তা পরে বিস্তারিত আলোচনা হবে।

যে অ্যামিনো অ্যাসিডগুলিকে প্রোটীনে দেখা যায়। কিন্তু স্বাধীনভাবে নয়—

কোলাজেন



4-হাইড্রোক্সিপ্রোলিন

4HO-Pro.

$$\overset{}{NH_2} - CH_2 - \underset{\displaystyle OH}{\overset{5}{C}H} - \overset{3}{C}H_2 - CH_2 - \underset{\displaystyle NH_3^+}{\overset{2}{C}H} - \overset{1}{C}OO^-$$

5-হাইড্রোক্সিলাইসিন

5HO-Lys.

ইহাদেরকে কোলাজেন (Collagen) নামক প্রোটীনে খুব দেখা যায়। কোলাজেনের গঠনের স্থায়িত্বের জন্য অনেকগুলি H-বন্ধনীর দরকার হয়। ওই HO-গ্রুপগুলি সেই H-বন্ধনী প্রস্তুত করে। তাই কোলাজেনের চেইনগুলির সংশ্লেষণের পরে Pro ও Lys-এ হাইড্রোক্সিলেশন ঘটে রাসায়নিকভাবে।

যে অ্যামিনো অ্যাসিডগুলিকে স্বাধীনভাবে দেখা যায় কিন্তু প্রোটীনে নয় :

$$NH_2 - \overset{\beta}{C}H_2 - \overset{\alpha}{C}H_2 - \overset{/}{C}OOH$$

β-অ্যালানিন

(প্যান্টোথেনিক অ্যাসিডের একটি অংশ)

$$NH_2 - \overset{\gamma}{C}H_2 - \overset{\beta}{C}H_2 - \overset{\alpha}{C}H_2 - COOH$$

r-অ্যামিনো বিউটিরিক অ্যাসিড

(নিউরোট্রান্সমিটার)

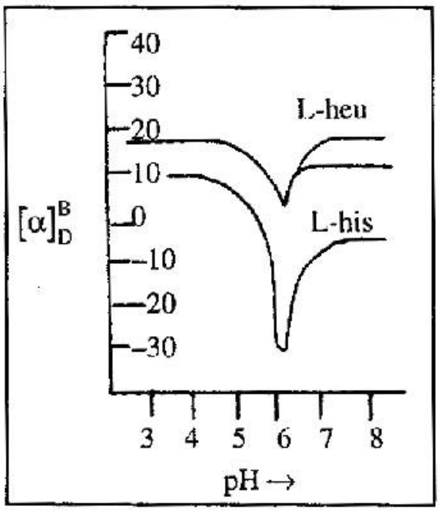
$$NH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - \underset{\displaystyle NH_2}{C}H - COOH$$

অরনিথিন

(ইউরিয়া সংশ্লেষের মধ্যবর্তী যৌগ)

2.4. ধর্ম :

ভৌতধর্ম :



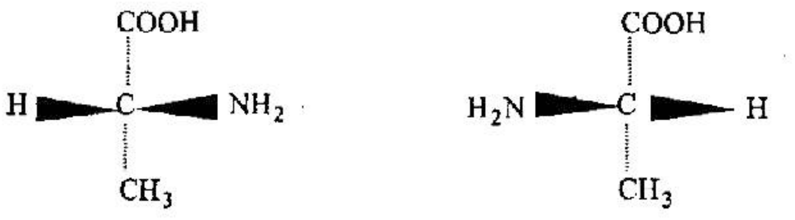
1) সংকেত থেকে একটা ব্যাপার স্পষ্ট যে একমাত্র Gly-ছাড়া সবগুলি অ্যামিনো অ্যাসিডেই অপ্রতিসম (asymmetric) কার্বন পরমাণু আছে। তাহলে সকলেই (Gly-ছাড়া) দুটি রূপে থাকে— দক্ষিণ হস্তরূপ ও বামহস্তরূপ অর্থাৎ এরা কাইরাল যৌগ। এরা পরস্পরের ওপরে আরোপিত হবে না এমন দুটি দর্পন প্রতিবিম্ব (mirror image) গঠন করবে। অর্থাৎ, এরা সকলেই (Gly.-ছাড়া) অপটিকালি অ্যাকটিভ। প্লেইন পোলারাইজড আলো পাঠালে আলো হয় ডানদিকে ঘুরবে— ডেক্স্ট্রোরোটেটরী (+) (dextrorotory) নয়ত বামদিকে ঘুরবে— লিভোরোটেটরী (–) (levorotatory)। একটি নির্দিষ্ট অ্যামিনো অ্যাসিডের ক্ষেত্রে প্লেইন পোলারাইজড্ আলোর ঘুর্ণন নির্দিষ্ট নয়— pH-এর ওপরে নির্ভরশীল।

আপেক্ষিক ঘূর্ণন,

$$[\alpha]_D^{25} = \frac{\text{দৃষ্ট ঘূর্ণন, ডিগ্রী} \times 100}{\text{আলোকপথের দৈর্ঘ্য, ডেসিমি.} \times \text{ঘনত্ব, গ্রাম/100 মিলি}}$$

ঘূর্ণন পর্যবেক্ষণের সময়ে তাপমাত্রা সাধারণতঃ 25°C রাখা হয় এবং আলোক তরঙ্গ সোডিয়াম 589·3ηm-এর D লাইন নেওয়া হয়।

তবে, অপটিক্যালি + অথবা- ব্যাপারটি গুরুত্বপূর্ণ নয় যখন অ্যামিনো অ্যাসিড প্রোটীনে থাকে। তখন চূড়ান্ত সংকেত— অর্থাৎ $-NH_2$ ও $-COOH$ গ্রুপের অবস্থানের ওপর নির্ভরশীল।



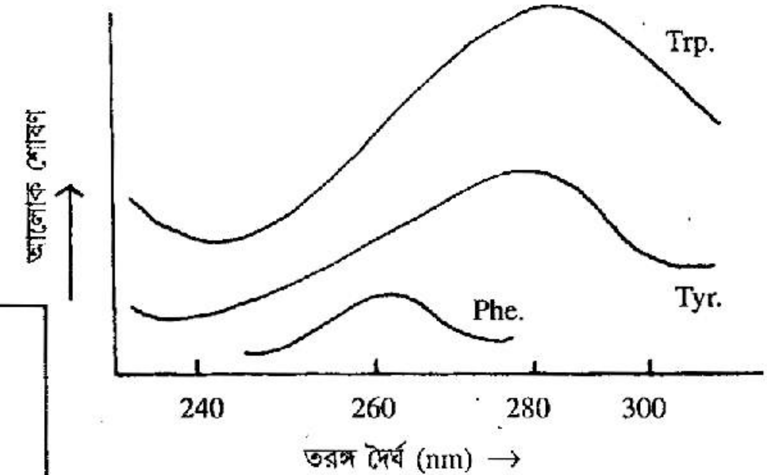
D - Ala　　　　L - Ala

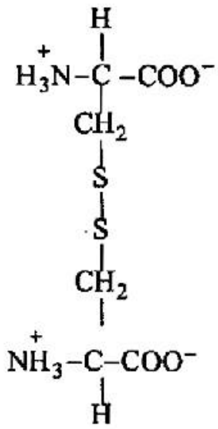
প্রকৃতিতে প্রাপ্ত সব প্রোটীন ও পেপটাইডে L-অ্যামিনো অ্যাসিড থাকে D-নয়। একমাত্র ব্যাকটেরিয়ার কোষ প্রাচীরে ছোট পেপটাইডে D-অ্যামিনো অ্যাসিড দেখা যায়। প্রোটীনের ওপরে কার্যকরী সব উৎসেচকই L-চেহারা চিনতে পারে D-কে নয়।

এছাড়া Thr এবং আরও অনেকে যাদের দুটি অপ্রতিসম কার্বন পরমাণু আছে তাদের আরও অনেক গঠন সংকেত হবে আমরা সেই দীর্ঘ আলোচনায় ঢুকব না।

2) 20টি অ্যামিনো অ্যাসিডের মধ্যে যাদের অ্যারোমেটিক রিং আছে তারাই 260-280 ηm তরঙ্গ দৈর্ঘ্য-এর

অতিবেগুনী রশ্মি (Ultraviolet ray, UV) শোষণ করতে পারে অর্থাৎ Phe, Tyr, Trp, অতিবেগুনী রশ্মি শোষণ করতে পারে। যেহেতু, কোলাজেন ছাড়া প্রায় সব প্রোটীনেই অ্যারোমেটিক অ্যামিনো অ্যাসিড থাকে তাই এই UV শোষণ করতে পারা ধর্মটিকে কাজে লাগিয়ে কোথায় কতটা প্রোটীন অথবা ঐ অ্যামিনো অ্যাসিডগুলো কতটা আছে মাপা যায় Cys-Cys 240ηm-এ খুব সামান্য আলোক শোষণ করতে পারে ও বাকী সকলে 220ηm-এর কম তরঙ্গ দৈর্ঘে আলোক শোষণ করে।





Cys-Cys.

Cys-এর জারণে সৃষ্টি হয় একে সিস্টিন (Cystine) বলা হয়।

Greek 'amphi' = both.

3) অ্যামিনো অ্যাসিডগুলো জৈব যৌগ হওয়া সত্ত্বেও উচ্চ গলনাঙ্ক যুক্ত। সাধারণ ঘরের তাপমাত্রায় এরা কঠিন ও বেশীর ভাগই 200°C-এর ওপরে গলে। তাহলে এরা নিশ্চয়ই আয়নিক যৌগের মত ব্যবহার করে। আসলে, যেহেতু এরা জুইটারায়ন অবস্থায় থাকে ও স্ফটিক গঠন করে তাই এদের গলনাঙ্ক উচ্চ।

রাসায়নিক ধর্ম :

1) আম্লিক ও ক্ষারীয় ধর্ম :

যেহেতু এদের –COOH ও $-NH_2$-দুটি গ্রুপই আছে অতএব এরা দুই রকম ধর্মই দেখিয়ে থাকে। তাহলে এরা উভধর্মী বা অ্যাম্ফোটারিক (Amphoteric)। আবার যেহেতু এরা তড়িৎ বিশ্লেষ্য তাই এদের বলা হয় অ্যাম্ফোলাইট (Ampholyte from amphoteric electrolyte).

প্রশম অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিডের মত ব্যবহার করে যদি দুটি গ্রুপেই প্রোটন থাকে, অর্থাৎ—

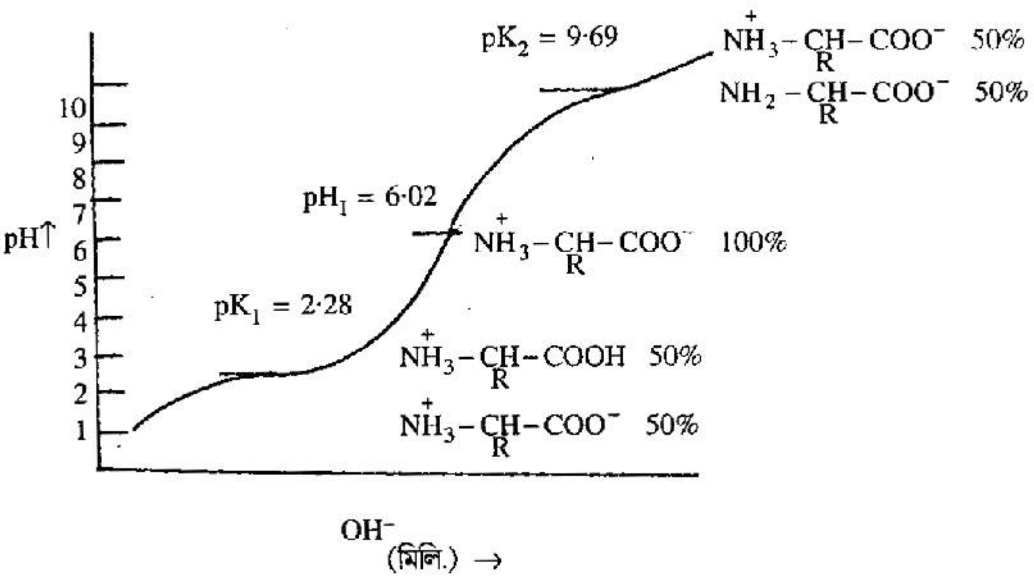
$$\overset{+}{N}H_3-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{C}}H-COOH+OH^- \rightleftharpoons \overset{+}{N}H_3-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{C}}H-COO^-+H_2O.$$

(ধনাত্মক অণু) (জুইটারায়ন) (1)

আবার, $\overset{+}{N}H_3-\underset{R}{\underset{|}{C}}H-COO^- + OH^- \rightleftharpoons \overset{+}{N}H_2-\underset{R}{\underset{|}{C}}H-COO^- + H_2O.$

(ঋণাত্মক অণু) (2)

যদি এই দ্বিক্ষারীয় প্রশম অ্যামিনো অ্যাসিডকে NaOH দিয়ে প্রশমিত করা হয় তাহলে ছকটি হবে নিম্নরূপ :



দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিডের সঙ্গে NaOH-এর বিক্রিয়ায় –COOH গ্রুপ-এর যেহেতু pK-এর মান 2·34 তাই এর আগে H^+ আয়নিত করবে এবং তা NaOH দ্বারা প্রশমিত হবে। NaOH-এর পরিমাণ বনাম pH যদি ছক আঁকা যায় তাহলে দেখা যাবে pH = 2·34 তখন অনেকক্ষণ NaOH যোগ করলেও pH বৃদ্ধি দেখায় না অর্থাৎ ঐখানে একটি বাফার ক্রিয়া দেখা যায় যেহেতু ওইখানে $pH = pK_1$-এর মান। তখন ধনাত্মক অণু ও জুইটারায়ন দুইটিই 50% করে থাকবে। এরপরে অর্থাৎ যখন জুইটারাইন-এর পরিমাণ 50% থেকে বৃদ্ধি পাবে তখন ততটা বাফার ক্ষমতা না থাকায় আবার pH বৃদ্ধি পাবে NaOH যোগ করার সঙ্গে সঙ্গে। এইভাবে pH বৃদ্ধি পেতে পেতে যখন pH = 9·69 তখন আবার একটি বাফার ক্রিয়া দেখা যাবে, কারণ— $-\overset{+}{N}H_3$ এই গ্রুপের pK-এর মান 9·69 এবং ঐ স্থানে জুইটারায়ন ও ঋণাত্মক অণু দুইটিই থাকবে 50% করে। এইটিকে বলা হয় pK_2. ধনাত্মক অণু থেকে জুইটারায়ন হয়ে ঋণাত্মক অণু হওয়ার মধ্যে কোন এক সময় সমগ্র অর্থাৎ 100% অণু জুইটারায়ন হবে।

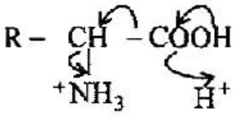
দেখা গেছে, যখন জুইটারায়ন হয় তখন যেহেতু অণুগুলিতে মোট তড়িতাধান শূন্য তাই ঐ অণুগুলি তড়িৎক্ষেত্রে কোন দিকেই চলে না। স্থির হয়ে যায়। অথচ ধনাত্মক অণুগুলি ক্যাথোডের দিকে ও ঋণাত্মক অণুগুলি অ্যানোডের দিকে চলে।

এইরকম অবস্থায় অর্থাৎ যখন 100% অণুই জুইটারায়ন— pH-কে বলে আইসোইলেকট্রিক pH (Isoelectric pH)।

দেখা গেছে উপরউক্ত অ্যামিনো অ্যাসিডগুলির ক্ষেত্রে,

$$\text{Isoelectric pH} = (pH_I) = \frac{pK_1 + pK_2}{\cdot 2} = \frac{2\cdot34 + 9\cdot69}{2} = 6\cdot02$$

উপরিউক্ত পরীক্ষা ও ছক থেকে আরও কতকগুলি তথ্য জানা যায়। যেমন—



1) যদিও, COOH গ্রুপের pK-র মান CH_3COOH-এ 4·76 কিন্তু অ্যামিনো অ্যাসিডে 2·34; তাহলে অ্যামিনো অ্যাসিডের এই α-COOH গ্রুপটির সাধারণ –COOH থেকে শক্তিশালী অ্যাসিড। কারণ $-\overset{+}{N}H_3$ গ্রুপটি একটি ইলেকট্রন আকর্ষী গ্রুপ— যা— COOH থেকে অনেক তাড়াতাড়ি H^+ নির্গত করে।

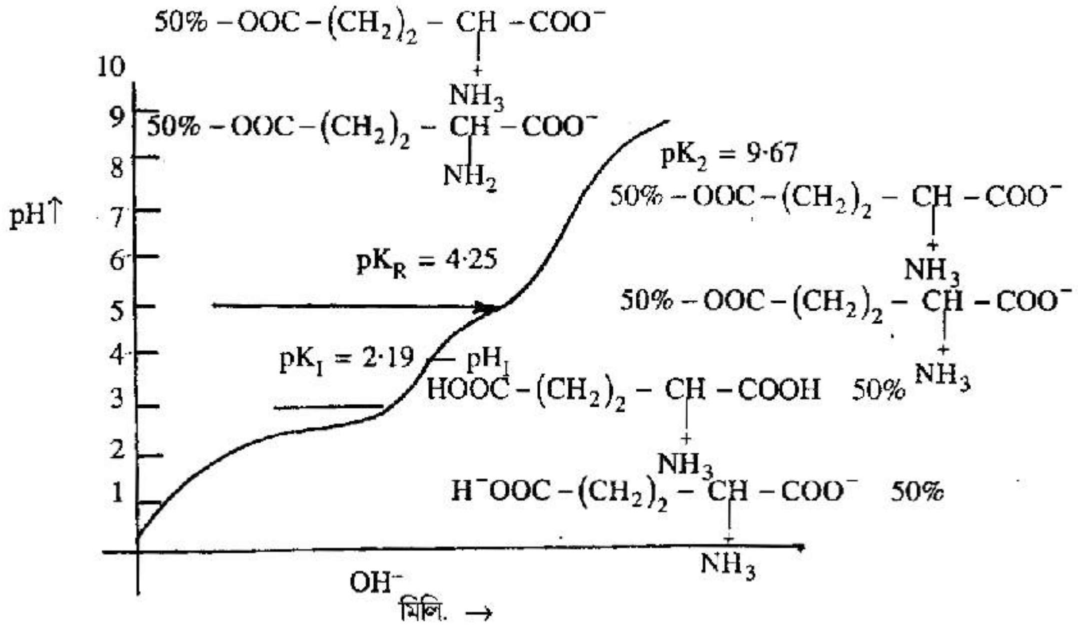
2) যদিও $-\overset{+}{N}H_3$-এর pK-এর মান 10-এর ওপরে কিন্তু অ্যামিনো অ্যাসিডে $\alpha-\overset{+}{N}H_3$-এর pK-এর মান 9·69 কারণ α-COOH গ্রুপের $-C\langle^{O^-}_{O}$ ইলেকট্রন আকর্ষী ক্ষমতা থাকায় $-\overset{+}{N}H_3$ থেকে সহজে H^+ নির্গত হয়— এটি দুর্বল ক্ষার-এ পরিণত হয়।

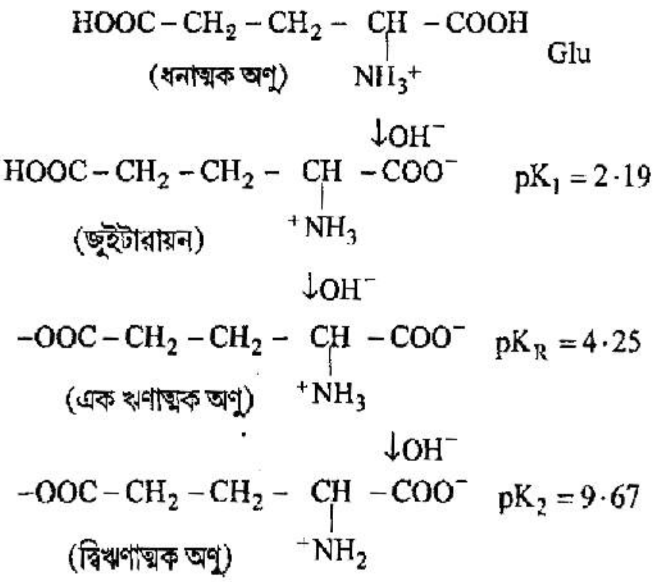
3) সব প্রশম অ্যামিনো অ্যাসিডেই pK_1 ও pK_2-র মান কাছাকাছি আছে।

4) এই অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি কেবলমাত্র 2·34 এবং 9·69-র কাছাকাছি pH-এই বাফার ক্ষমতা দেখিয়ে থাকে— যা মোটেও রক্তরসের pH-এর (7·4) কাছাকাছি নয়।

5) প্রশম অ্যামিনো অ্যাসিড Cys অথবা Tyr-এর –SH ও –OH যথাক্রমে খুবই দুর্বল আম্লিক ধর্ম দেখতে থাকে— যা নগন্যই বলা যেতে পারে।

যদি অ্যাসিডিক অ্যামিনো অ্যাসিডের অনুরূপ ছক আঁকা যায় তাহলে তা হবে নিম্নরূপ :





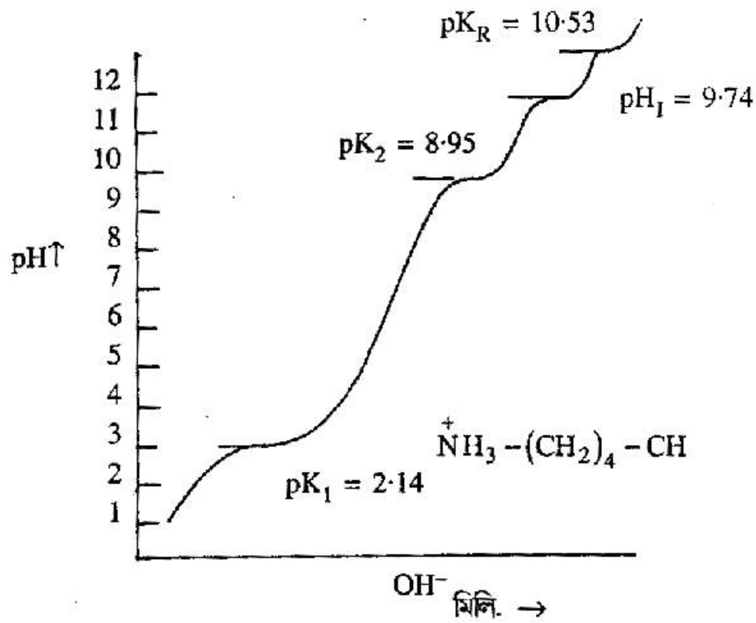
ধনাত্মক অণু ও একঋণাত্মক অণুর মধ্যে জুইটারায়নের অবস্থান।

$$\therefore pH_I = \frac{pK_1 + pK_R}{2}$$

$$= \frac{2 \cdot 19 + 4 \cdot 25}{2} = 3 \cdot 22$$

pK_R = R-গ্রুপের pK মান।

যদি ক্ষারীয় অ্যামিনো অ্যাসিডের অনুরূপ ছক আঁকা যায় তাহলে তাহবে নিম্নরূপ :



$$\overset{+}{N}H_3-(CH_2)_4-\underset{\displaystyle {}^{+}NH_3}{\underset{|}{CH}}-COOH \quad (hys)$$
(দ্বি ধনাত্মক অণু)

$$\downarrow OH^-$$

$$\overset{+}{N}H_3-(CH_2)_4-\underset{\displaystyle {}^{+}NH_3}{\underset{|}{CH}}-COO^- \qquad pK_1 = 2\cdot 18$$
(এক ধনাত্মক অণু)

$$\downarrow OH^-$$

$$\overset{+}{N}H_3-(CH_2)_4-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-COO^- \qquad pK_2 = 8\cdot 95$$
(জুইটারায়ন)

$$\downarrow OH^-$$

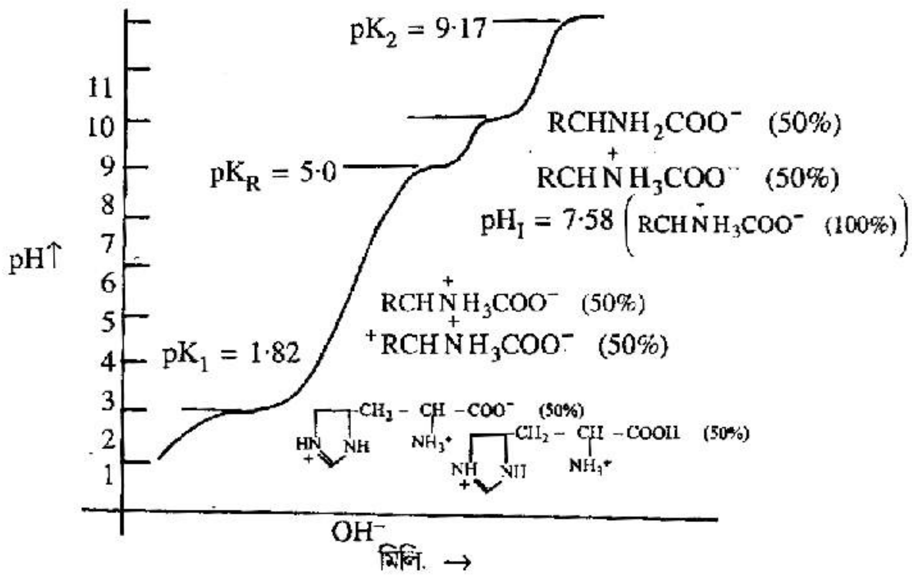
$$NH_2-(CH_2)_4-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-COO^- \qquad pK_R = 10\cdot 53$$
(এক ঋণাত্মক অণু)

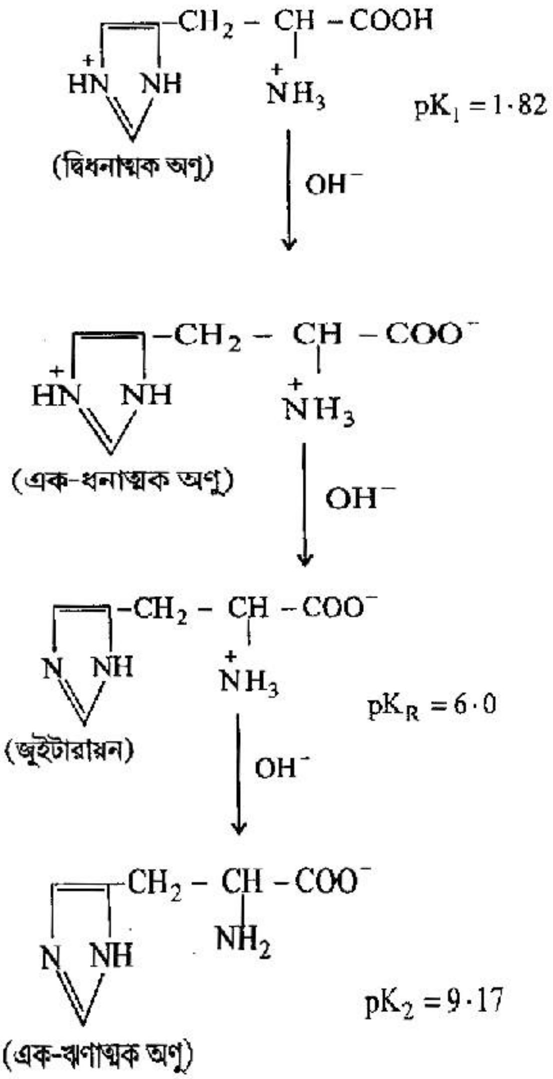
এক ধনাত্মক অণু ও এক ঋণাত্মক অণুর মধ্যে জুইটারানের অবস্থান

$$\therefore pH_I = \frac{pK_R + pK_2}{2}$$

$$= \frac{10\cdot 53 + 8\cdot 95}{2} = 9\cdot 74.$$

His-এর R-গ্রুপের pK-এর মান 6·0— তা আমরা বাফার নিয়ে আলোচনার সময়ে দেখেছি। যদিও এটি ক্ষারীয় অ্যামিনো অ্যাসিডের মধ্যে পড়ে তবুও এর $pK_R > pK_2$ হল না। অতএব এর প্রশমন ক্রিয়ার ছক হবে একটু অন্যরকম—





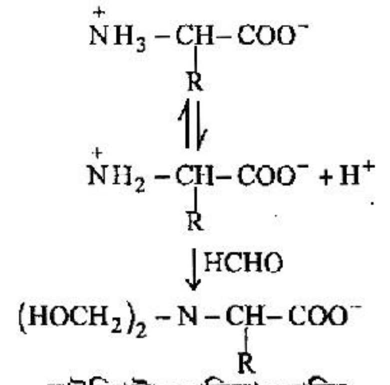
জুইটারায়ন আছে এক ধনাত্মক অণু ও এক ঋণাত্মক অণুর মধ্যে

$$\therefore pH_I = \frac{pK_R + pK_2}{2}$$

$$= \frac{6 \cdot 0 + 9 \cdot 17}{2} = 7 \cdot 58.$$

ফরমোলটাইট্রেশন :

যেহেতু, যেকোন অ্যামিনো অ্যাসিডের pK_2-এর মান অর্থাৎ $\alpha - \overset{+}{N}H_3$ গ্রুপ-এর pK-র মান 8·0-র ওপরে—বেশীরভাগ ক্ষেত্রেই 9·0–এর ওপরে তাই ফেনলপ্থ্যালিন সূচক ব্যবহার করে অ্যামিনো অ্যাসিডের প্রশমন ক্রিয়া করানো সম্ভব পর নয়। কারণ, ফেনলপ্থ্যালিন pH = 8·0-এ রং পরিবর্তন করে।

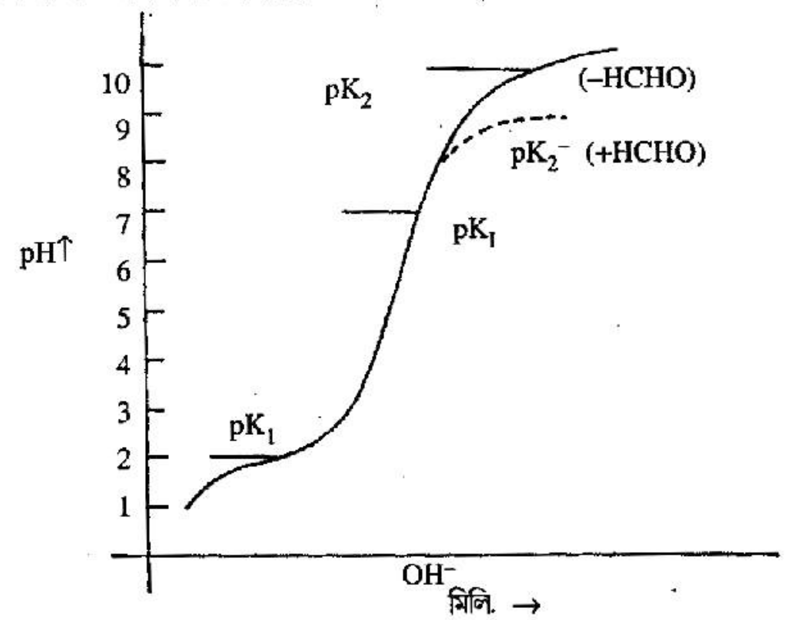


ডাইমিথাইলঅ্যামিনো অ্যাসিড

এই H^+-কে ফিনলথ্যালাইন ব্যবহার করে মাপা যায়।

কিন্তু HCHO ঐ প্রশমন ক্রিয়ায় ব্যবহার করলে $pH = 8 \cdot 0$ এই $\alpha - \overset{+}{N}H_3$-গ্রুপ-এর pK নেমে আসে অর্থাৎ $\alpha - \overset{+}{N}H_3$-গ্রুপ তখন আরেকটু শক্তিশালী অ্যাসিডের ধর্ম দেখে থাকে। কারণ, HCHO-এর $-NH_2$-গ্রুপ-এর প্রতি ভীষণ আকর্ষণ আছে। ঐ বিক্রিয়া সংগঠনের জন্য $\overset{+}{N}H_3$ অবস্থায় থাকলে চলবে না হতে হবে $-NH_2$; তাই দ্রুত H^+ ঐ বিক্রিয়ায় নির্গত হয়। এবং ছকটি দেখতে হবে নিম্নরূপ :

এই বিক্রিয়াটিকে বলে ফরমোলটাইট্রেশন।



তালিকা 2.2

কয়েকটি অ্যামিনো অ্যাসিডের pK-এর মানগুলি দেওয়া হল
(সবগুলিই 25°C তাপমাত্রায় নির্ধারিত)

অ্যামিনো অ্যাসিড	pK_1 $\alpha - COOH$	pK_2 $\alpha - \overset{+}{N}H_3$	pK_R R-গ্রুপ
Gly.	2·34	9·6	
Ala.	2·34	9.69	
Leu	2·36	9·60	
Ser	2·21	9·15	
Thr.	2·63	10·43	
Gln.	2·17	9·13	
Asp.	2·09	9·82	3·86
Glu.	2·19	9·67	4·25
His.	1·82	9·17	6·00
Cys.	1·71	10·78	8·33
Tyr.	2·20	9·11	10·07
Lys.	2·18	8·95	10·53
Arg.	2·17	9·04	12·48

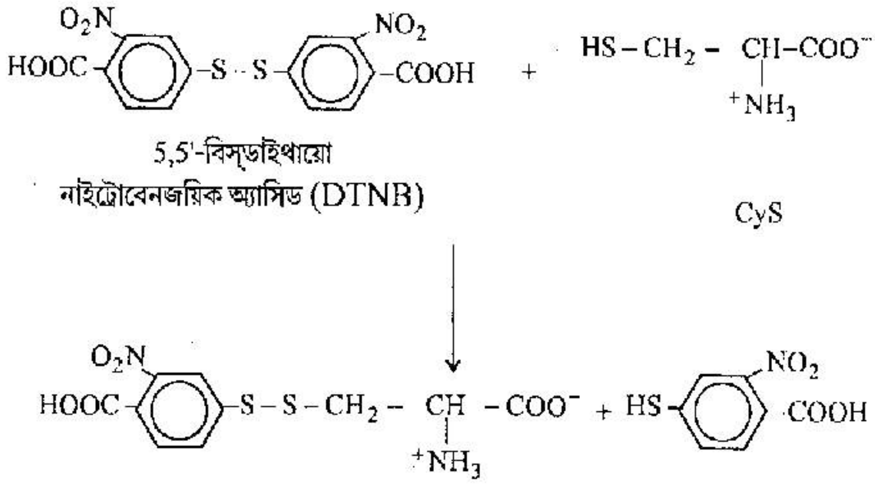
2) –COOH গ্রুপকে $LiBH_4$ দিয়ে প্রাইমারী অ্যালকোহলে পরিণত করা যায়। সুতরাং –COOH গ্রুপ তার স্বাভাবিক ধর্ম বজায় রাখে ও অন্য সব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

3) $-NH_2$ গ্রুপ-এর সঙ্গে HNO_3-এর বিক্রিয়ায় N_2 উৎপন্ন হয়, $-NH_2$ গ্রুপ শিফস্ বেস তৈরী করে –CHO গ্রুপের সঙ্গে। অতএব $-NH_2$ গ্রুপ তার নিজস্ব ধর্ম বজায় রাখে ও সকল রকম রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।

4) Cys, 5,5'-বিসডাইথায়ো নাইট্রোবেনজয়িক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হলুদ রং যৌগ উৎপন্ন করে থাকে 410 ηm তরঙ্গ দৈর্ঘের আলোক শোষণ দিয়ে পরিমাপ করা যায়।

$$RCH\overset{+}{N}H_3COO^- \xrightarrow{LiBH_4} RCH\overset{+}{N}H_3CH_2OH$$

$$RCH\overset{+}{N}H_3COO^- \xrightarrow{HNO_2} RCH_2OH + N_2$$
$$COO^-$$



5) Cys, Hg^+ অথবা Ag^+-এর সঙ্গে মারকাপটাইড জাতীয় যৌগ গঠন করে এতে উপস্থিত –SH গ্রুপের জন্য,

$$HS-CH_2-\underset{^{+}NH_3}{\underset{|}{CH}}-COO^- + Hg^+/Ag^+ \rightarrow Ags-CH_2-\underset{^{+}NH_3}{\underset{|}{CH}}-COO^-$$

মারকাপটাইড

6) Cys. বাতাসের O_2-এর উপস্থিতিতে দ্রবণে থাকা অবস্থায় দুইটি অণু জারিত হয়ে Cys-Cys অথবা সিস্টিন (cystine) তৈরী করে। এই Cys.-Cys. বন্ধনী অনেক প্রোটীনে দেখা যায় এবং প্রোটীন গঠনে ও কার্যকারিতায় গুরুত্বপূর্ণ অংশগ্রহণ করে। দেখা গেছে এই Cys.-Cys. বন্ধনী ভেঙে দিলে অনেক প্রোটীন তার কার্যকারিতা হারায়। Cys.-Cys. বন্ধনী মারকাপ-ইথানল দিয়ে ভাঙা সম্ভব।

> মনে রাখতে হবে এক অণু সিস্টাইনের বানান **Cysteine** ও দুই অণু সিস্টিনের বানান **Cystine**

$$SH-CH_2-\underset{^{+}NH_3}{\underset{|}{CH}}-COO^- \xrightarrow[\text{(Fe-অনুঘটক না থাকলেও কাজ হয়)}]{O_2} {}^-OOC-\underset{^{+}NH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-S-S-CH_2-\underset{^{+}NH_3}{\underset{|}{CH}}-COO^-$$

$SHCH_2-CH_2-OH$
(β-মারকাপ্টইথানল)

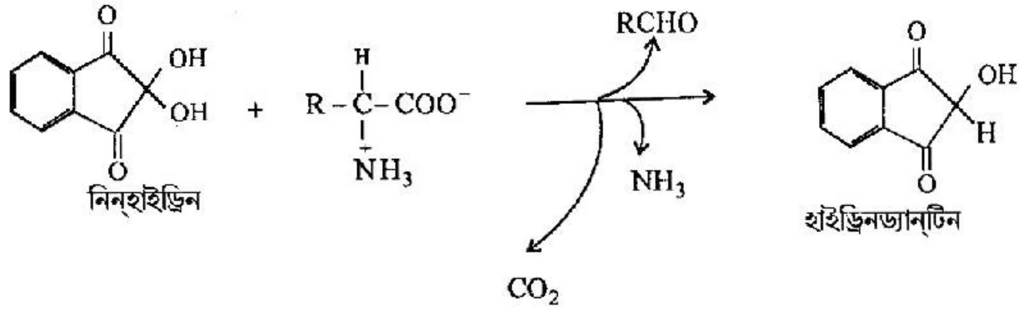
$$2\ {}^-OOC-\underset{^{+}NH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-SH + HO-CH_2-CH_2-S-S-CH_2-CH_2-OH$$

ডাই-β-হাইড্রক্সিইথাইলডাইসালফাইড

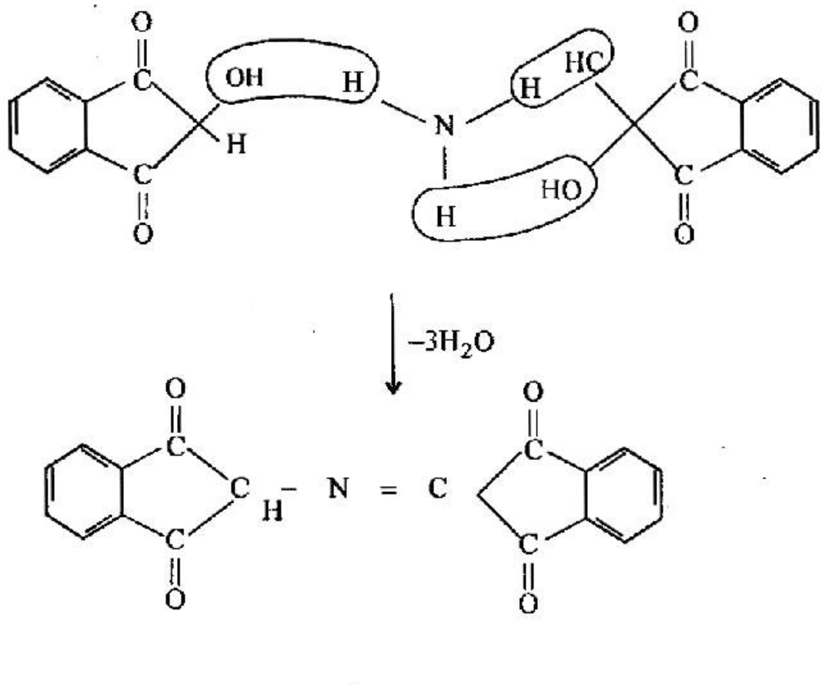
7) নিন্‌হাইড্রিন বিক্রিয়া (Ninhydrin Reaction) :

এই বিক্রিয়ায় সব অ্যামিনো অ্যাসিড অংশগ্রহণ করে। প্রকৃতপক্ষে এই বিক্রিয়াদ্বারাই অ্যামিনো অ্যাসিডের উপস্থিতি প্রমাণ করা হয়। নিনহাইড্রিন একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য এবং এতে অ্যামিনো অ্যাসিড হতে জারণের দ্বারা CO_2 বাহির করে ও NH_3 ও হাইড্রিনড্যান্‌টিন তৈরী হয়।

I.



II.



গোলাপী/বেগুনী (Purple) রঙের যৌগ

এই রঙ্‌ দেখেই অ্যামিনো অ্যাসিডের উপস্থিতি বোঝা যায়। শুধু Pro ও HO-Pro যারা ইমিনো অ্যাসিড বা সেকেন্ডারি অ্যামিন তারা হলুদ রঙের যৌগ উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়া ভীষণই সংবেদনশীল— অ্যামিনো অ্যাসিডের 10^{-9} মোল বা ন্যানোমোল পর্যন্ত এই বিক্রিয়া কার্যকরী হয়।

2.5. অ্যামিনো অ্যাসিডের মিশ্রণ হইতে পৃথকীকরণ

যেহেতু অ্যামিনো অ্যাসিডগুলির আণবিক গুরুত্ব কাছাকাছি (তালিকা 2.1) তাই সেন্ট্রিফিউগেশন পদ্ধতিতে এদের পৃথক করা যাবে না। এদের উল্লেখযোগ্য যে ধর্মটিকে পৃথকীকরণের কাজে লাগানো যেতে পারে তা হল— যদিও এরা সকলেই জলে দ্রবণীয়, এদের –COOH ও $\overset{+}{N}H_3$ গ্রুপের জন্য কিন্তু R-গ্রুপের ওপর নির্ভর করে এদের ননপোলার দ্রাবকে ও জলে দ্রাব্যতা পৃথক পৃথক। অর্থাৎ দুই প্রকার দ্রাবকে এদের বন্টন (Distribution)-এর ওপর নির্ভর করে এদের পৃথকীকরণ সম্ভব।

এটি পার্টিশান ক্রোমাটোগ্রাফি।

দুইটি দ্রাবককে দুইটি আলাদা দশায় রাখা হয়। সাধারণতঃ জলকে স্থির দশায় (Stationary phase) রাখা হয় ও অন্য কোন জৈব যৌগকে চলমান দশায় (Moving phase) রাখা হয়। জলকে স্থির দশায় রাখার জন্য কাগজ ব্যবহৃত হয়। কাগজের সেলুলোজে আসে অসংখ্য –OH গ্রুপ ও ঐ গ্রুপের সঙ্গে জল H-বন্ধনী করে স্থির দশায় আসে।

ঐ কাগজের নীচে থেকে 1 ইঞ্চি উঁচুতে একটি দাগ টেনে ঐ দাগের ওপরে পরীক্ষিত দ্রবণ ও জানা দ্রবণের দুটি ফোঁটা দিয়ে তলায় লিখে দেওয়া হয়। একটি বড় কাচের জারে জল ও নির্দিষ্ট জৈব দ্রাবক (সাধারণতঃ ফেনল, বিউটানল ইত্যাদি যা জলে মিশবে না) নির্দিষ্ট অনুপাতে ঢালা হয়। pH ঠিক রাখতে কখনও অ্যাসিটিক অ্যাসিড কখনও অ্যামোনিয়া দেওয়া হয়। এই অবস্থায় জারটিকে ঢাকা দিয়ে কিছুক্ষণ রেখে দেওয়া হয় যাতে জারের ফাঁকা অংশ সংপৃক্ত হয় জৈব দ্রাবকের বাষ্প দ্বারা। এই অবস্থায় ঢাকা খুলে কাগজটিকে দ্রাবক মিশ্রণে স্পর্শ করিয়ে ঝুলিয়ে দেওয়া হয়। কৌশিক ক্রিয়ায় জল কাগজটিতে উঠতে উঠতে স্থির দশা সৃষ্টি করে H-বন্ধনী দ্বারা ও জৈব দ্রাবক চলমান অবস্থায় থাকে। কাগজে অ্যামিনো অ্যাসিডের ফোঁটাটি জৈব দ্রাবকের সঙ্গে চলতে শুরু করলেও যদি এইটি জৈব দ্রাবকের তুলনায় জলে বেশী দ্রবণীয় নয় তাহলে এইটি বেশীদূর চলবে না। যদি জৈব দ্রাবকে বেশী দ্রবণীয় তবে জৈব দ্রাবকের সঙ্গে চলে অনেকদূর পর্যন্ত উঠবে। এভিাবে 45 মিনিট থেকে 1 ঘণ্টা পর্যন্ত চলতে দিয়ে কাগজটি তুলে দ্রাবক যতদূর উঠবে সেখানে একটি দাগ দেওয়া হয়। এরপর কাগজটি ঠাণ্ডা হাওয়ায় শুকিয়ে ওতে নিনহাইড্রিন দ্রবণ ছিটিয়ে 105°C তাপমাত্রায় শুকান হয়। তখন অ্যামিনো অ্যাসিডের সঙ্গে নিনহাইড্রিনের বিক্রিয়ায় রং উৎপন্ন হলে অ্যামিনো অ্যাসিডের উপস্থিতি বুঝতে পারা যায়।

নীচের দাগ থেকে ওপরের দাগ পর্যন্ত দূরত্ব মাপা হয় (ধরা যাক = x cm) এবং নীচের দাগ থেকে অ্যামিনো অ্যাসিডের দূরত্ব মাপা (ধরা যাক = y cm)

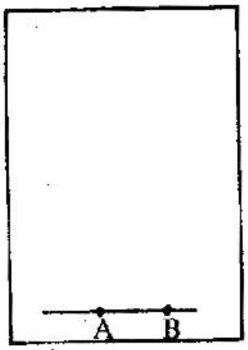
ঐ অ্যামিনো অ্যাসিডের আপেক্ষিক চলচ্ছক্তি $(R_f) = \frac{y\,cm}{x\,cm} = \frac{y}{x}$

একটি নির্দিষ্ট অ্যামিনো অ্যাসিডের জন্য দ্রাবক মিশ্রণ, pH ও তাপমাত্রা নির্ভরশীল একটি ধ্রুবক। তাহলে, ঐ নিনহাইড্রিন জনিত রংটি কোন্ অ্যামিনো অ্যাসিডের জন্য তাও বলা যাবে।

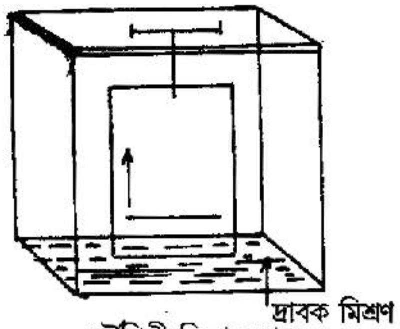
এই পদ্ধতিটি ব্যবহার করে আরও অনেক কাছাকাছি আপেক্ষিক গুরুত্বের জৈব ও অজৈব যৌগ পৃথক করা সম্ভব।

এই পদ্ধতিটির (পার্টিশান ক্রোমাটোগ্রাফি) নাম পেপার ক্রোম্যাটোগ্রাফি (Paper Chromatography)। কারণ— স্থিরদশা সৃষ্টিতে কাগজের ব্যবহার।

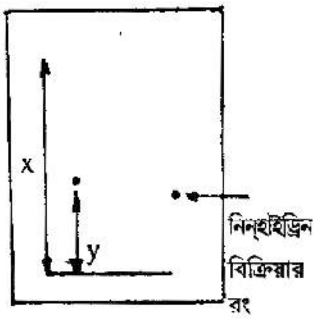
Chromatography = পৃথক করবার পদ্ধতি বিশেষ



অ্যামিনো অ্যাসিডের ফোঁটা দেওয়ার কাগজ

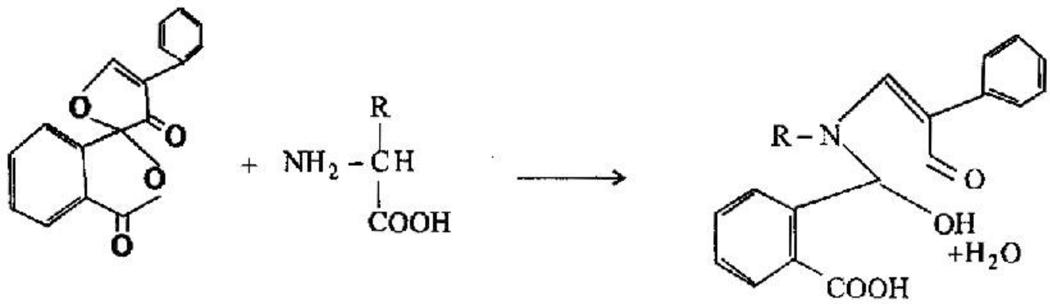


কৌশিকী ক্রিয়ার দ্রাবক ওপরের দিকে উঠবে



$R_f = \frac{y}{x}$.

ফ্লুরেসামিন (Fluorescamine) দিয়েও অ্যামিনো অ্যাসিড মাপা হয়।



ফ্লুরেসামিন ফ্লুরেসেন্ট যৌগ

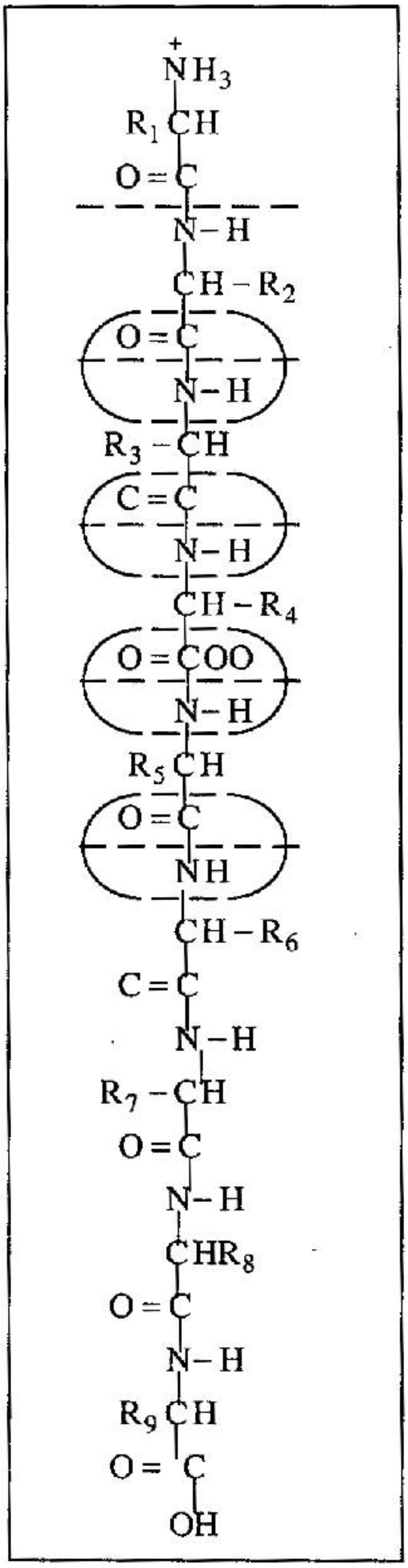
এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ফ্লুরেসেন্ট যৌগটিকে স্পেক্ট্রোফ্লুরোমিটারে মাপা যায়। এই পদ্ধতিতে 10^{-11} মোল পর্যন্ত মাপা সম্ভব। অর্থাৎ এই পদ্ধতিটি আরও সংবেদনশীল।

বর্তমানে অপর একটি পদ্ধতির— HPLC অথবা High performance liquid chromatography-দ্বারাও অ্যামিনো অ্যাসিড পৃথক করে মাপা যায়। পদ্ধতিটি খরচ সাপেক্ষ কিন্তু সময় খুব কম লাগে। এই পদ্ধতিটিতেও পেপার ক্রোমাটোগ্রাফির পদ্ধতির মতই বিভিন্ন দ্রাবকে জৈব যৌগের বণ্টন বা দ্রাব্যতার ওপর নির্ভর করে কাজ করা হয়।

2.6. অ্যামাইনো অ্যাসিড কোন্ কাজে লাগে?

অ্যামিনো অ্যাসিড থেকে উৎপন্ন অন্যান্য দ্রব্য

- প্রোটিন
- শক্তি (ATP)
- গ্লুকোজ শুধু (Ala) থেকে
- মেলানিস (শরীরে কালো রং-এর পিগমেন্ট বা রঞ্জক পদার্থ)
- হরমোন
- নিউক্লিক অ্যাসিডের ক্ষার
- অন্য নাইট্রোজেন ঘটিত জৈবযৌগ



[এবিষয়ে পরবর্তী পর্যায়ে বিস্তারিত আলোচনার সম্ভাবনা রইল।]

2.7. প্রোটীন কী?

প্রোটীন বা পলিপেপটাইডকে বলা যেতে পারে অ্যামিনো অ্যাসিডের পলিমার— অর্থাৎ অনেকগুলি পর পর জুড়ে— (একই অথবা অন্যান্য) — সৃষ্টি হয়েছে। পাশের ছবিতে দেখানো হয়েছে— প্রথম অ্যামিনো অ্যাসিডটিতে $\overset{+}{N}H_3$ -গ্রুপ বন্ধনী সৃষ্টিতে অংশগ্রহণ করেনি। ঐ প্রান্তটিকে বলা হয় N-প্রান্তীয় দিক (N-Terminal end)। ঐ অ্যামিনো অ্যাসিডের –COOH গ্রুপের সঙ্গে পরবর্তী অ্যামিনো অ্যাসিড-এর – NH_2-group একটি বন্ধনী সৃষ্টি করেছে $-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-\overset{\overset{H}{|}}{N}-$ যা ঠিক অ্যমাইড বন্ধনীর মত নয়— একে বলা হয় পেপটাইড বন্ধনী (peptide linkage)। দ্বিতীয় অ্যামিনো অ্যাসিডের COOH group তৃতীয়ের $-NH_2$ গ্রুপের সঙ্গে পেপটাইড বন্ধনী তৈরী করবে। এইভাবে প্রায় 1800 অ্যামিনো অ্যাসিডও যুক্ত থাকতে পারে প্রোটীন (মায়োসিন পেশীতে থাকে) তৈরীতে। শেষ অ্যামিনো অ্যাসিডটির— COOH-গ্রুপ আবার কোন বন্ধনী সৃষ্টিতে অংশগ্রহণ করবে না এবং ঐ প্রান্তটিকে বলা হবে— C প্রান্তীয় দিক (C-terminal end).

অ্যামিনো অ্যাসিডে বলা হয়েছে অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি প্রোটীন সৃষ্টিতে শুধু L-অবস্থানিক সমাণু বা L-stereoisomer-ই অংশগ্রহণ করে D-আইসোমারটি নয়।

এই বিভিন্ন আইসোমার যৌগের বিভিন্ন কনফিগারেশন (Configuration); একটি আইসোমার থেকে আরেকটি আইসোমার-এ পরিবর্তন করতে বন্ধনী ভেঙে করতে হয়।

কিন্তু প্রোটীনের গঠন নিয়ে কথা বলতে গেলে আরেকটি শব্দের সঙ্গে পরিচিত হওয়া দরকার। তাহল কন্‌ফরমেশন (conformation)— সেখানে বিভিন্ন কনফরমেশন পেতে হলে যৌগের বন্ধনী ভাঙবার কোন প্রয়োজন নেই— যৌগের পরমাণু বা গ্রুপ এক বন্ধনীর চতুর্দিকে আবর্তন-এর ফলেই বিভিন্ন কনফরমেশন সম্ভব।

> প্রোটীন (Protein) শব্দ-এর উৎপত্তি গ্রীক শব্দ Proteios থেকে যার অর্থ "প্রথম"।

প্রোটীনের গঠন ও কার্যকারিতায় এই 'কনফরমেশন'-একটি

গুরুত্বপূর্ণ অংশগ্রহণ করে। এবং প্রোটিন কোন সজীব কোষের নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও pH-এ যে কনফরমেশনে থাকে তাকে নেটিভ কনফরমেশন বলে।

প্রোটীনের অণুর সঙ্গে অনেক সময় জৈব অথবা অজৈব যৌগ অথবা যৌগমূলক (radical) যুক্ত থাকে— সেই হিসাবে আবার প্রোটীনের প্রকার ভেদ হয়।

কোন কোন প্রোটীন আবার জলে অদ্রাব্যও হয় যদিও সব অ্যামিনো অ্যাসিডই জলে দ্রাব্য। তার উপরে ভিত্তি করেও প্রোটীনের প্রকারভেদ আছে।

2.8. প্রোটীনের প্রকার ভেদ :

প্রোটীনের প্রকার ভেদ :

1) **আম্লিক অথবা ক্ষারীয় ধর্মের ভিত্তিতে**

প্রোটীন

অ্যাসিডিক বা আম্লিক — এতে অ্যাসিডিক অ্যামিনো অ্যাসিডের সংখ্যা বেশী থাকে ও pH = 7-এ ঋণাত্মক তড়িতাধান যুক্ত হয়। উদাহরণ : কালমোডুলিন (Calmodulin)। এটি Ca^{2+}-কে আকর্ষণ ও আবদ্ধ করতে পারে।

বেসিক বা ক্ষারীয় — এতে ক্ষারীয় অ্যামিনো অ্যাসিডের সংখ্যা বেশী থাকে ও pH = 7-এ ধনাত্মক তড়িতাধান-যুক্ত হয়ে থাকে। উদাহরণ : হিস্টোন (Histone)। এটি ঋণাত্মক তড়িতাধানযুক্ত নিউক্লিক অ্যাসিডের সঙ্গে আবদ্ধ থাকে।

প্রশম বা নিউট্রাল — এতে সবরকম অ্যামিনো অ্যাসিড একটি সাম্য অবস্থার সৃষ্টি করে যাতে pH = 7-এ এর মোট তড়িতাধান হয় = 0. উদাহরণ : ইনসুলিন।

2) **জৈব ও অজৈব যৌগের উপস্থিতির ভিত্তিতে**

প্রোটীন

সাধারণ (Simple) — যাতে অ্যামাইনো অ্যাসিড ছাড়া আর কোন যৌগ বা যৌগমূলক নেই। উদাহরণ : ইনস্যুলিন (এটি একটি হরমোন্ অগ্ন্যাশয় থেকে নির্গত হয় কোষে গ্লুকোজ প্রবেশ করাতে সাহায্য করে)।

অনুবন্ধী (Conjugated) — বিভিন্ন প্রকার জৈব বা অজৈব যৌগ বা যৌগমূলক প্রোটীনটির সাথে যুক্ত থাকতে পারে—

কার্বোহাইড্রেট = গ্লাইকোপ্রোটীন

উদাঃ ইমিউনোগ্লোবিউলিন্ (অ্যান্টিবডি) (Immunoglobuline), নিউক্লিক অ্যাসিড = নিউক্লিওপ্রোটিন, লিপিড = লিপোপ্রোটীন

২) জলে দ্রাব্যতার ভিত্তিতে প্রোটীনের প্রকারভেদ :

প্রোটীন

ফাইব্রাস (Fibrus)	গ্লোবিউলার (Globular)
ইহা জলে দ্রাব্য নয়	ইহা জলে দ্রাব্য।
উদাহরণ : কেরাটিন (Keratin)— ইহা নখে থাকে।	উদাহরণ : ইনসুলিন অথবা যে কোন উৎসেচক।

মায়োসিন নামক প্রোটীনটি (আগে উল্লেখিত হয়েছে) পেশীতে থাকে। এর একটি অংশ জলে দ্রবণীয় নয়— আরেকটি অংশ জলে দ্রবণীয়।

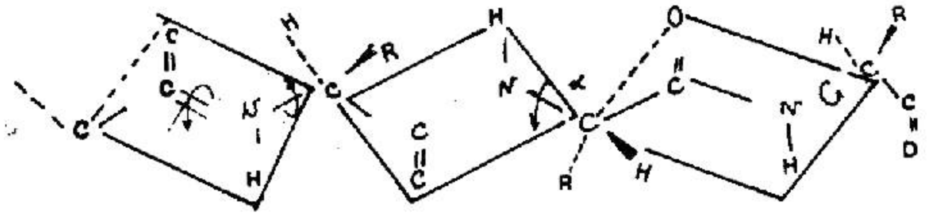
2.9. প্রোটীনের গঠন :

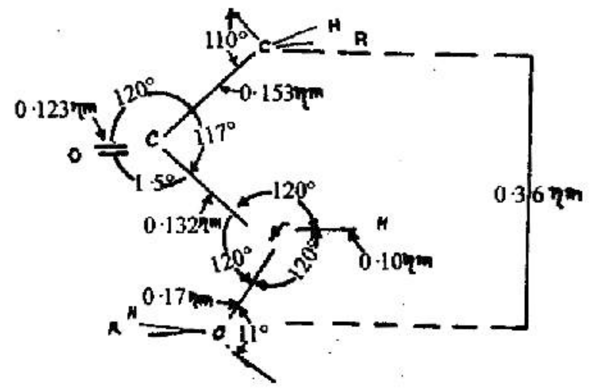
এই গঠনগুলি সম্পর্কে একটু বিস্তারিত আলোচনা করা যাক।

প্রাথমিক গঠন :

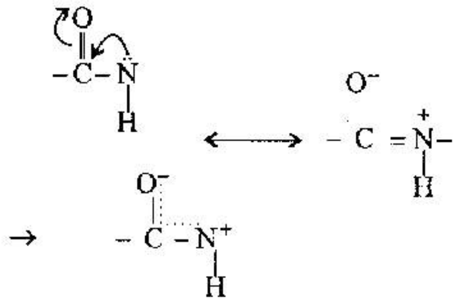
প্রোটীনের প্রাথমিক গঠন বলতে প্রোটীনে কোন্ কোন্ অ্যামিনো অ্যাসিড আছে ও কার পরে কে আছে N-প্রান্তীয় দিক থেকে C-প্রান্তীয় দিক পর্যন্ত— তাই বোঝায়।

প্রোটীন সৃষ্টির সময় N-প্রান্তীয় দিক থেকে শুরু হয়। প্রথম ও দ্বিতীয় অ্যামিনো অ্যাসিডের মধ্যে বন্ধনী সৃষ্টি হলে তাকে বলা হয় পেপটাইড বন্ধনী। নিম্নে একটি প্রাথমিক গঠন দেওয়া হল :





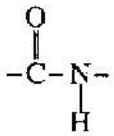
x-রে (রঞ্জেনরশ্মি) বিশ্লেষণ করে দেখা গেছে যে, C–N বন্ধনী সাধারণ এক বন্ধনীর তুলনায় ছোট অর্থাৎ এর কিছুটা দ্বিবন্ধনী চরিত্র থাকতে পারে। অর্থাৎ,

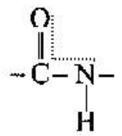


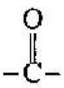
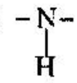
ইলেকট্রোনেগেটিভ অক্সিজেন নিজের দিকে ইলেকট্রনকে আকর্ষণ করলে নাইট্রোজেন লোন পেয়ার বা নিঃসঙ্গ জোট (Lone pair) ইলেকট্রন ঐ দিকে সরতে চাইবে। সে ক্ষেত্রে একটি এক বন্ধনী ও দ্বিবন্ধনীর মাঝামাঝি অবস্থার সৃষ্টি হবে। তাতে ঐ বন্ধনীটি একবন্ধনী হওয়া সত্ত্বেও ঐ বন্ধনীর চতুর্পাশে আবর্তনের সুযোগ বন্ধ হয়ে যাবে। শুধুমাত্র $C_\alpha - C$ ও $C_\alpha - N$-এর মধ্যে আবর্তন সম্ভব হবে। $C_\alpha - C$-এর চতুর্পার্শ্বে আবর্তনের জন্য ψ কোণ ও $C_\alpha - N$-এর জন্য ϕ কোণ পর্যন্ত গ্রাহ্য করা যায়।

বাকী অংশের বন্ধনীর দৈর্ঘ্য ও কোণ দেওয়া আছে ওপরের চিত্রে।

কিন্তু কতকগুলি নিয়ম মেনে চলতে হয় এই পেপটাইড বন্ধনীকে—

1)  এবং এই চারটি পরমাণু একই সমতলে থাকবে।

2)  এই C–N-বন্ধনীর ঘূর্ণন নেই।

3)  এবং  অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন পরমাণু পরস্পরের বিপরীতে অবস্থান করবে।

4) $C_\alpha - C$-এর ψ-এর মান R-গ্রুপের আকার ও পোলারিটির ওপর নির্ভর করবে।

5) $C_\alpha - N$-এর ϕ-এর মান ও R-গ্রুপের আকার ও পোলারিটির উপর নির্ভর করবে।

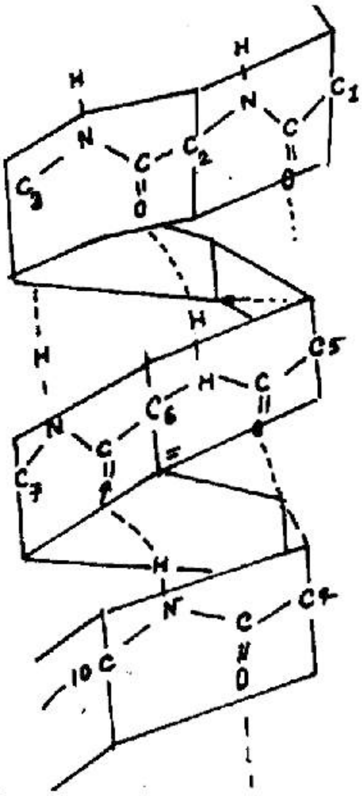
মাধ্যমিক গঠন

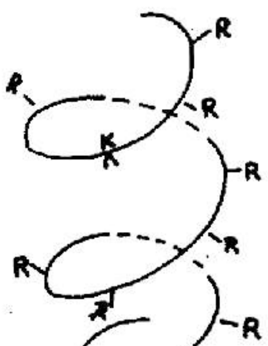
প্রাথমিক গঠনে একটি অ্যামিনো অ্যাসিডের সঙ্গে অপরটির দূরত্ব 0·36 ηm। এইরূপ যদি 200টি অ্যামিনো অ্যাসিড সংবলিত একটি প্রোটীন চেইন থাকে তাহলে তার দৈর্ঘ্য হবে $0{\cdot}36 \times 200 = 7200$ ηm. আমরা জানি প্রোক্যারিওটিক কোষের দৈর্ঘ্য 2 ηm ও ব্যাস = 1 ηm। তাহলে বড় প্রোটীনগুলির একটি কোষে অথবা মাইটোকনড্রিয়ায় স্থান সংকুলান হবে।

তাই প্রোটীনগুলিকে গুটিয়ে রাখতে হবে। প্রোটীনগুলিকে গুটিয়ে রাখতে হলে ওদের মোট শক্তির পরিমাণ (energy content) বেড়ে যাবে একটি নির্দিষ্ট বিন্যাসের জন্য (ordered condition)। যা থার্মোডিনামিক্সের দ্বিতীয় সূত্রের বিরোধী। থার্মোডিনামিক্সের দ্বিতীয় সূত্রে বলা হয়েছে, চূড়ান্ত যে বল যার জন্য কোন ভৌত বা রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটবে তা হল বিশ্বের এনট্রপি (Entropy) বৃদ্ধি অর্থাৎ শক্তির হ্রাস। তাহলে এক্ষেত্রে কি হবে? দ্বিতীয় সূত্রের বিরোধিতা হবে?

না। তা হবে না, কারণ প্রোটীন গুটিয়ে যখন একটি নির্দিষ্ট বিন্যাসে যাওয়ার চেষ্টা করে, তখন –N–H ও –C=O-গুলি –N–H ...... O = C —এইরূপ H-বন্ধনী করে। এক একটি H-বন্ধনী মানে কিছু শক্তি নির্গত হবে।

প্রথমতঃ, যদি হেলিকাল গঠন তৈরী করে তাহলে প্রথম দিক থেকে (N-প্রান্ত) 4টি ও শেষ দিক থেকে (C-প্রান্ত) 4টি অ্যামিনো অ্যাসিড H-বন্ধনীতে অংশগ্রহণ করে না। যে হেলিক্যাল গঠনটি সাধারণতঃ প্রকৃতিতে দেখা যায় সেটি দক্ষিণাবর্ত α-হেলিক্স গঠন। নীচে দেখানো হল—





এই গঠনের বৈশিষ্ট্য :

1) এক পাক-এ 3·6টি অ্যামিনো অ্যাসিড থাকবে অর্থাৎ 4টি বলা যেতে পারে।

2) যেহেতু N–H-এর Hটি ওপরের দিকে নির্দেশিত এবং ওপরে আর কোন গ্রুপই নেই তাই প্রথম 4টি NH group কোন H-বন্ধনী করতে পারে না।

3) প্রতিটি NH বা CO গ্রুপ তার থেকে চতুর্থ স্থানবর্তী অ্যামিনো অ্যাসিডের CO বা NH-এর গ্রুপের সঙ্গে H-বন্ধনী করবে।

4) প্রথম C_2-এর –C=O গ্রুপের সঙ্গে C_6-এর NH-এর H-বন্ধনী চোখে পড়বে। অতএব C_3-এর সঙ্গে C_7 এবং C_4-এর সঙ্গে C_8-এর— এইভাবে চলতে চলতে

5) শেষ চারটি C=O গ্রুপ নীচে কোন গ্রুপ না থাকায় H-বন্ধনী করতে পারবে না। এই 8টি ছাড়া আর সব অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি H-বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে।

6) একটি অ্যামিনো অ্যাসিড থেকে আরেকটিতে গেলে 0·15 ηm ওঠা হয়। তাই একপাক গেলে 0·15 × 3·6 = 0·54 ηm ওঠা হয়।

7) এই হেলিক্যাল গঠনে সব R-গ্রুপ থাকে হেলিক্সের বাহিরের দিকে। তাই R-গ্রুপে বেশী ননপোলার অ্যামিনো অ্যাসিড থাকলে প্রোটিনটি জলে অদ্রবণীয় হয়।

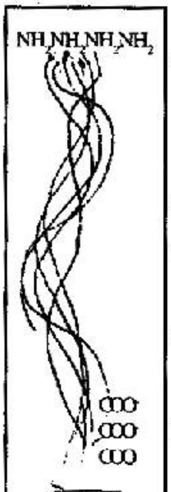
8) H-বন্ধনীগুলি হবে হেলিক্সের অক্ষের সঙ্গে সমান্তরাল।

9) Pro & Ho-Pro. যথার্থ হেলিক্স করতে বাধা দেবে যেহেতু এরা যথার্থ পেপটাইড বন্ধনীও করতে পারে না—

এইটি ইমিনো অ্যাসিড বলে। এর নিজস্ব পঞ্চভূজ গঠন-এর একটি বাধা হল পেপটাইড বন্ধনী অর্থাৎ $\overset{\overset{H}{|}}{N}-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-$

কে একই তলে রাখার।

10) অতিরিক্ত অ্যাসিডিক অ্যামিনো অ্যাসিড থাকলে pH = 7-এ তারা সকলে ঋণাত্মক তড়িতাধান হবে ও নিজেদের বিকর্ষণ করে হেলিক্স নষ্ট করে ফেলবে।



ওলতন্তু

11) তেমনইভাবে অতিরিক্ত বেসিক অ্যামিনো অ্যাসিড থাকলে pH = 7-এ তারা সকলেই ধনাত্মক তড়িতাধান যুক্ত হবে নিজেদের মধ্যে বিকর্ষণ করে হেলিক্স নষ্ট করবে।

12) অনেকগুলি Ile থাকলেও স্থানাভাবে (Steric hindrance)- ভালো হেলিক্স হয় না।

এইরকম হেলিক্যাল প্রোটীনের উদাহরণ— α-কেরাটিন (α-Keratin)— চুল, নখ, গরু অথবা ঘোড়ার খুড়ে থাকে। ভেড়ার লোমে অর্থাৎ উলে। উলে এইরকম সাতটি α-কেরাটিন একসঙ্গে পেঁচিয়ে একটি উল তন্তু সৃষ্টি হয়। সেক্ষেত্রে সবগুলি প্রোটীন চেনের NH_2-গ্রুপ একই দিকে থাকে।

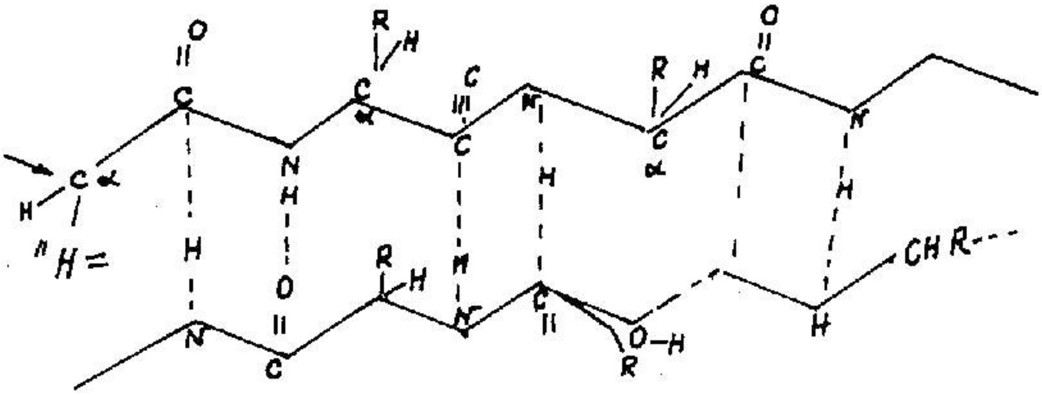
এছাড়াও বিভিন্ন রকমের হেলিক্স হয়ে থাকে। যেমন— π-হেলিক্স— যেখানে একটি পাকে 4·4 অ্যামিনো অ্যাসিড থাকে।

দক্ষিণাবর্ত ও বামাবর্ত দুই প্রকার হেলিক্সই সম্ভব L-অ্যামিনো অ্যাসিড থেকে। তবে প্রকৃতিতে L-অ্যামিনো অ্যাসিডের দক্ষিণাবর্ত হেলিক্সই বেশী স্থায়ী হয়।

এই গঠনের প্রোটীনকে উষ্ণ করে চাপ প্রয়োগ করলে এর দৈর্ঘ প্রায় দ্বিগুণ হয়ে যায়। অর্থাৎ H-

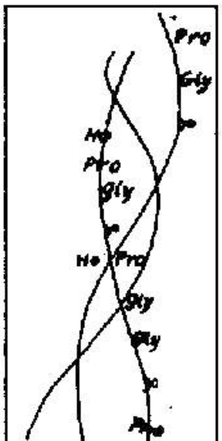
বন্ধনীগুলি খুলে গিয়ে দৈর্ঘ্য বেড়ে যায়।

আরেক ধরনের মাধ্যমিক কনফরমেশন প্রোটীন দেখা যায় এদের বলে β-প্লেটেট শীট (β-Pleated sheet) এরা দেখতে অনেকটা অ্যাসবেসটস শীটের মত। দুটি প্রাথমিক গঠনের $-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-$ ও $\overset{\overset{H}{|}}{N}$ গ্রুপের মধ্যে H-বন্ধনী এই β-প্লেটেড শীটকে স্থায়িত্ব দেয়। সেক্ষেত্রে দুটি চেনের NH_2-গ্রুপগুলি একই দিকে থাকতে পারে আবার নাও থাকতে পারে।



এদেরকে গরম করে চাপ প্রয়োগ করলে কিন্তু দৈর্ঘ্যে বাড়ে না। এক্ষেত্রে, R গ্রুপগুলি সাধারণতঃ ছোট হয়। যেমন-- H-অথবা CH_3-গ্রুপ।

উদাহরণ : সিল্ক।



কোলাজেন তন্তু

কোলাজেন— একটি প্রোটীন যা অস্থিকোষের ধাত্রে থাকে ও অন্য অনেক সংযোজক কলায় থাকে। এটি একটি অন্য ধরনের— একটি বামাবর্ত হেলিক্স। প্রতি তিনটি অ্যামিনো অ্যাসিডে হয় একটি Pro অথবা একটি HO-Pro থাকে এবং Gly. থাকে। তাই যথার্থ হেলিক্স হতে পারে না। এতে আবার HO-Lys-ও থাকে যা প্রোটীনটি তৈরী হওয়ার পরে HO-যুক্ত হয়ে তৈরী হয়। তিনটি প্রোটীন চেইন দিয়ে কোলাজেন তন্তু গঠিত হয়। প্রতিটি চেইনের মধ্যে OH-গ্রুপগুলির জন্য H-বন্ধনী সৃষ্টি হয়ে সমগ্র হেলিক্সটিকে স্থায়িত্ব দেয়। এতে Gly., Ale. থাকে, Pro, OH-Pro থাকে আবার Cys-ও থাকে বেশ ভালো পরিমাণে। কিন্তু কোন অ্যারোমেটিক অ্যামিনো অ্যাসিড অর্থাৎ Phe, Tyr, Trp থাকে না। তাই কোলাজেনকে 260-280 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোক শোষণ করতে দেখা যায় না।

কোলাজেন গরম জলে ফোটালে আঠালো ছোট পেপটাইট তৈরী হয় যাকে জিলেটিন বলে— জেলী ইত্যাদি তৈরীতে ব্যবহার করা হয়।

ত্রিতীয়ক গঠন :

এখনও পর্যন্ত প্রোটীন অণুর আকার বেশ লম্বাই আছে এবং α-হেলিক্স ও β-প্লেটেড শীট জলে অদ্রবণীয়। কিন্তু

কোষের ভিতরে 70-80%ই জল। তাহলে এত এত প্রোটীন (71% শুষ্ক ওজনের) কিভাবে থাকে জলে?

প্রোটীনগুলি তখন আরও গুটিয়ে যায় যাতে নন পোলার R-গ্রুপগুলি ভাজ করা প্রোটীনের ভাঁজে ঢুকে পড়ে ও শুধুমাত্র পোলার R-গ্রুপগুলি ঐ গুটিয়ে যাওয়া অণুটির পৃষ্ঠতলে থাকে। এতে এই প্রোটীন অণুটিকে জলে দিলে জলে দ্রবীভূত হয়ে যায়।

কিন্তু আবার ফোটালে আবার অণুতে শক্তিবৃদ্ধ হবে। সেক্ষেত্রে অণুর গঠনটি স্থায়িত্ব পাবে কিভাবে? কিভাবেই বা রক্ষা পাবে থার্মোডিনামিক্সের দ্বিতীয় সূত্র?

এইরকম অণুকে স্থায়িত্ব দেয় নিম্নলিখিত বন্ধনীগুলি

1) আরও H-বন্ধনী— অর্থাৎ R-গ্রুপগুলির মধ্যেও H-বন্ধনী সৃষ্টি হয়।

2) একাধিক Cys থাকলে Cys-Cys সমযোজী বন্ধনী (–S–S–) সৃষ্টি হয় স্বতস্ফূর্তভাবে।

3) $-COO^-$ ও $-\overset{+}{N}H_3-R$ গ্রুপগুলির মধ্যে তড়িৎযোজী বন্ধনী সৃষ্টি হয়।

4) ননপোলার R-গ্রুপগুলির মধ্যে হাইড্রোফোবিক ইনট্যারকশন ঘটে।

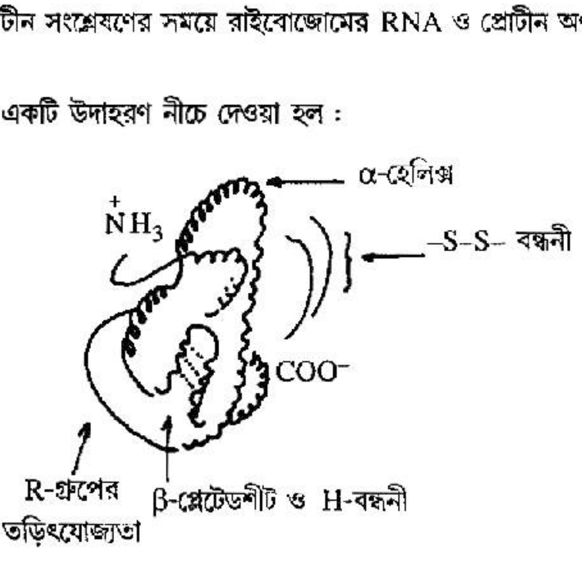
উপরন্তু না গোটানো অবস্থায় হাইড্রোফোবিক R গ্রুপগুলি জলের অণুকে বিকর্ষিত করে। সেক্ষেত্রে জলের অণুগুলিকে একটি বিশেষ বিন্যাস ব্যবস্থায় যেতে হয় যাতে ঐ R-গ্রুপগুলির মুখোমুখি না হতে হয়। এই বিশেষ বিন্যাস ব্যবস্থার জন্য জলের অণুতে শক্তিবৃদ্ধি হয় ও সমগ্র সিস্টেমটি স্থায়িত্ব হারায়। তুলনামূলকভাবে যদি প্রোটীনটি একবার গুটিয়ে যায় তাহলে যা শক্তিবৃদ্ধি তা কম কারণ, ওপরের বন্ধনীগুলির সৃষ্টি। তাই এই ত্রিতীয়ক গঠনও খুব স্থায়ী।

এটি জলে দ্রবণীয়। সব গ্লোবিওলার প্রোটীনের অবশ্যই ত্রিতীয়ক গঠন থাকবে। সব উৎসেচক ও সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত প্রোটীনগুলির এইরূপ গঠন থাকে।

যদি –S–S– বন্ধনীটি $SHCH_2CH_2OH$ মারক্যাপটোইকাড় দিয়ে ভাঙা হয় তবে ঐ প্রোটীন তার কার্যকারিতা হারায়। এখন ডায়ালিসিস করে $H5CH_2CH_2OH$-কে পৃথক করে নিয়ে বাতাসের অক্সিজেনের উপস্থিতিতে –S–S– বন্ধনী সৃষ্টি করতে দিলে— সবসময় কার্যটি সাফল্যমণ্ডিত হয় না। সবগুলি –S–S বন্ধনী হয়ত তৈরী হল না— এমনও হয়। তাতে মনে হতে পারে ত্রিতীয়ক স্তরের গঠনের ব্যাপারে সবটাই হয়ত প্রাথমিক গঠনের ওপরে অর্থাৎ অ্যামিনো অ্যাসিডের নামের ওপর নির্ভর করে না।

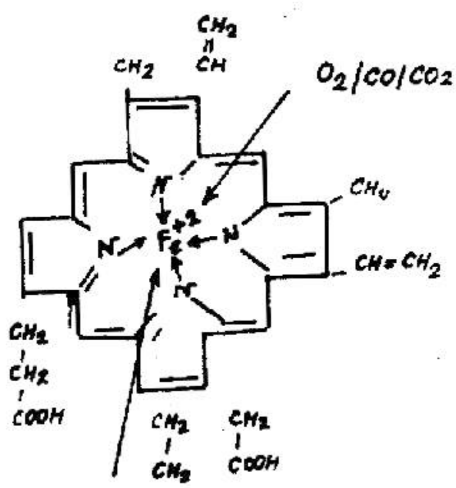
অনেকটাই করে তবে প্রোটীন সংশ্লেষণের সময়ে রাইবোজোমের RNA ও প্রোটীন অণুগুলিও নতুন সৃষ্ট প্রোটীনের গঠনে অংশগ্রহণ করে।

ত্রিতীয়ক স্তরের গঠনের একটি উদাহরণ নীচে দেওয়া হল :

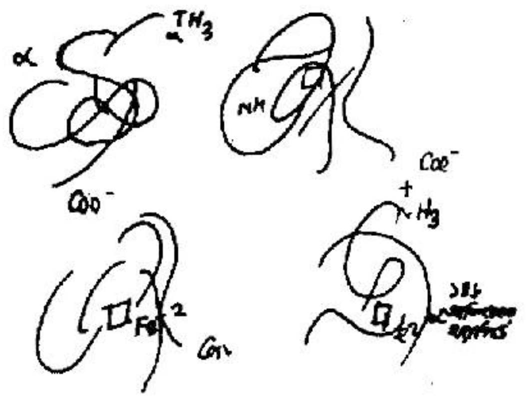


চতুর্থক গঠন :

যখন একাধিক প্রোটীন চেইন মিলে একটি প্রোটীন অণু তৈরী করে তখন চতুর্থক গঠনটি তৈরী হয়। উদাহরণ : হিমোগ্লোবিন— এটি লোহিত রক্ত কণিকার একটি প্রোটীন। এতে দুইরকম চেইন দুইটি করে আছে— 2α ও 2β; প্রত্যেকটি চেইনই নিজেরা অনুবন্ধী কারণ পারফাইরিন নামক একটি জৈব যৌগ প্রতিটি চেইনে আছে যেটি আসলে অক্সিজেন অণু বহন করে।



His-Hb-এর পরফাইরিন রিং— Hb-চেইনের সঙ্গে যুক্ত



চতুর্থক গঠন

এইরকম একটি নির্দিষ্ট বিন্যাস তাহলে স্থায়ী হল কী করে?

উত্তর—

1) অণুগুলির মুখোমুখি পৃষ্ঠতলের হাইড্রোফোবিক ইনটার‍্যাকশান

2) পৃষ্ঠতলের আয়নিক ইনটার‍্যাকশান

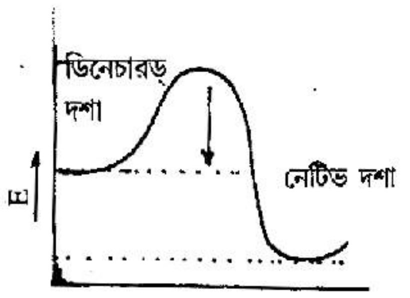
3) পৃষ্ঠতলের আকৃতির বৈশিষ্ট্য।

2.13. প্রোটীনের ধর্ম

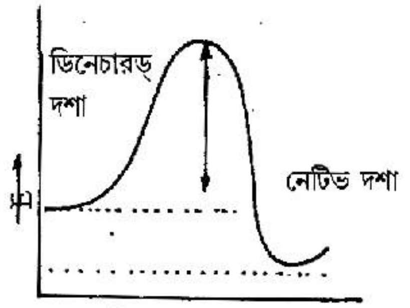
1) প্রোটীন সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন পদার্থ।

2) জলীয় দ্রবণকে তাপ দিলে ত্রিতীয়ক গঠন বিনষ্ট হয়। H-বন্ধনী, সমযোজী বন্ধনী, তড়িৎযোজী বন্ধনী ভাঙিয়া যায় ও মাধ্যমিক স্তরের গঠন অর্থাৎ α-হেলিক্স বা β-প্লেটেড শীটেও H-বন্ধনী ইত্যাদি বিনষ্ট হয়। এই অবস্থায় প্রোটীনকে বলে ডিনেচারড্ প্রোটীন। যে অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় তাকে বলে নেটিভ প্রোটীন। যদি ডিনেচারড্ প্রোটীনটি জলে অদ্রবণীয় হয় তবে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

জলে দ্রবণীয় প্রোটীনটি লায়োফিলিক কোলয়েড। pH-এর পবিরর্তনেও প্রোটীন ডিনেচারড্ হয়ে পড়ে।



এইরকম প্রোটীন সহজেই ডিনেচারড্ অবস্থা থেকে নেটিভ অবস্থায় ফিরে যায়। এখানে নেটিভ দশায় ফ্রি এনার্জি কম ও Eactও কম।



এইরকম প্রোটীন সহজে নেটিভ অবস্থায় ফিরতে পারে না। এখানে ডিনেচারড্ দশায় ফ্রি এনার্জি কম ও Eact বেশী।

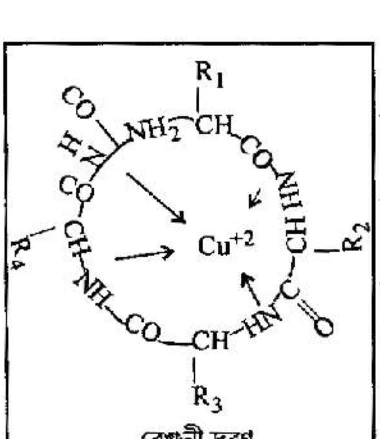
3) প্রোটীনে অধিক সংখ্যায় অ্যাসিডিক অ্যামিনো অ্যাসিড থাকলে প্রোটীনটি অ্যাসিড ধর্ম দেখায় ও pH = 7-এ ঋণাত্মক তড়িতাধান যুক্ত হয়। অধিক বেসিক অ্যামিনো অ্যসিড থাকিলে ক্ষারীয় ধর্ম দেখায় ও ধনাত্মক তড়িতাধান যুক্ত হয়। N-প্রান্তীয় $-NH_2$ ও C-প্রান্তীয় –COOH গ্রুপদুটি তাহাদের নিজেদের ধর্ম প্রদর্শন করে।

4) অপেক্ষাকৃত ছোট পেপটাইডে অপটিক্যাল অ্যাক্টিভিটি দেখা যায় ও তা পেপটাইডটিতে উপস্থিতি অ্যামিনো অ্যাসিডগুলির অপ্টিক্যাল অ্যাক্টিভিটির যোগফল। কিন্তু বেশী দৈর্ঘ্যের প্রোটীনে এমন ঘটে না। এদের ত্রিতীয়ক ও মাধ্যমিক স্তরের গঠন অনেক কম অপটিক্যাল অ্যাকিটিভিটি দেখায়।

5) ছোট পেপটাইডগুলি নিন্‌হাইড্রিন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে কিন্তু বড় প্রোটীনগুলিতে $-NH_2$ গ্রুপ এত ভিতরে থাকে যে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না।

6) প্রোটীন CCl_3COOH অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অধঃক্ষিপ্ত হয় ও ডিনেচারড্ দশা প্রাপ্ত হয়। কিন্তু ঘন HCl দিলে ডিনেচার্ড দশা প্রাপ্ত হয় কিন্তু অধঃক্ষেপ হয় না। কারণ, প্রোটীনের ক্লোরাইড লবণ জলে দ্রবণীয় কিন্তু ট্রাইক্লোরো অ্যাসিটেট লবণ জলে অদ্রাব্য।

এতে NaOH দ্রবণ যোগ করলে অধঃক্ষিপ্ত প্রোটীন আবার দ্রবণে ফিরে আসে। লিপোপ্রোটীন বেশী থাকলে ডিঅক্সিকোলেট দ্রবণ যোগ করা হয় এবং প্রোটীনকে জলে দ্রবীভূত করা হয়।

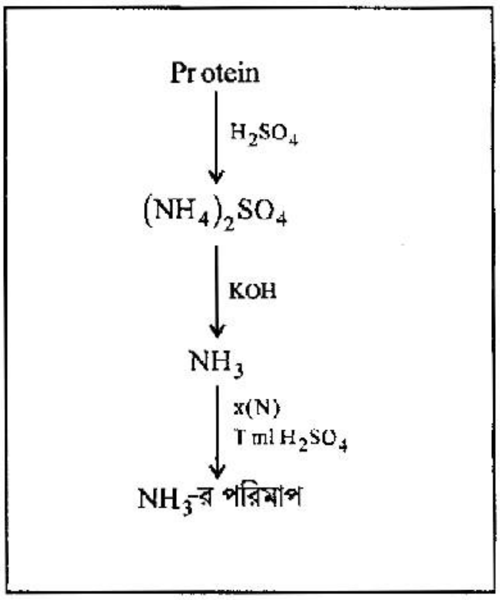


বেগুনী দ্রবণ

৭) ক্ষারীয় $CuSO_4$ দ্রবণ প্রোটীনের সঙ্গে জটিল যৌগ গঠন করে। তখন Cu^{2+} আয়নে প্রোটীনের $\ddot{N}-H$ লোন পেয়ার ইলেকট্রন দান করে বন্ধনী সৃষ্টি করে ও বেগুনী রঙের তরল চোখে পড়ে। এই বিক্রিয়ার নাম বাইউরেট (Biuret Reaction)। প্রোটীন ছাড়া আর একটি যৌগ— যা বাইইউরেট নামে পাওয়া যায়— এই ক্ষারীয় Cu^{2+} এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় একই রকম যৌগ গঠন করে। তাই এই বিক্রিয়ার নাম বাইউইউরেট বিক্রিয়া। ওই বেগুনী রঙটি 530 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক শোষণ করে ও তা থেকে প্রোটীনের পরিমাপ করা সম্ভব।

আরও একটি যৌগে ফোলিন সিয়োক্যালটেড (Folin Ciocaltan) নামের তাতেও ক্ষারীয় Cu^{2+} ও ফসফোসলিবটেড থাকে— তাদিয়েও প্রোটীন মাপা যেতে পারে। প্রোটীনে উপস্থিত Tyr. অথবা Trp. ফসফোমলিবডিক অ্যাসিডকে

বিজারিত করে মলিবডেনাম ব্লু করে ও অ্যালকাইন Cu^{++} বাইইউরেটের মত বিক্রিয়ায় একটি বেগুনী রঙ দেয়। শেষ পর্যন্ত সমগ্র দ্রবণটির রং নীল হয়। 660 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যে আলোক শোষণ দেখায়।



যে সব প্রোটীনে অ্যারোমেটিক অ্যামিনো অ্যাসিড আছে তারা 260-280 nm তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোক শোষণ করে। আলোক শোষণের পরিমাণ থেকে কতখানি প্রোটীন আছে জানা যায়।

যদি প্রোটীনে জলে অদ্রবণীয় অংশও থাকে তাহলে বাইইউরেট অথবা ফোলিন সিয়াক্যালটেউ পদ্ধতি প্রযুক্ত হবে না। তখন কেল্ডাহ্ল (Kjeldahl) পদ্ধতি অবলম্বন করতে হবে। এই পদ্ধতিতে সমগ্র প্রোটীন মিশ্রণকে H_2SO_4 দিয়ে উত্তপ্ত করা হয়— সেলেনিয়াম অক্সাইড জাতীয় অনুঘটকের উপস্থিতিতে। এতে উৎপন্ন $(NH_4)_2SO_4$ থেকে NH_3 উৎপন্ন করা হয় ও টাইট্রেশনের সাহায্যে একটি মাত্রা জানা আছে এমন H_2SO_4 দিয়ে ঐ NH_3-র পরিমাপ করা হয়। NH_3 থেকে মোট প্রোটীনের পরিমাণ পরিমাপ করা হয়।

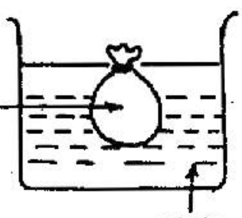
2.11. প্রোটীনকে মিশ্রণ হইতে পৃথকীকরণ :

প্রোটীনের বিভিন্ন ধর্মের ওপর নির্ভর করে বিভিন্ন পদ্ধতি

1) প্রোটীন অণুর আকারের ওপর নির্ভর করে :

ক) ডায়ালিলিস ও আলট্রাসেন্ট্রিফিউগেশন

প্রোটীন যেহেতু ম্যাক্রমল্যুকুল তাই ছোট কোন অণু— যেমন— অ্যামিনো অ্যাসিড থেকে ডায়ালিসিস পদ্ধতিতে পৃথক করা সম্ভব। ডায়ালিসিস ব্যাগ একটি আংশিক ভেদ্য ঝিল্লী (Semipermiable membrane) দ্বারা তৈরী। ঐ ব্যাগের মধ্যে মিশ্রণটি রেখে বাফারে ঝুলিয়ে রাখলে কিছু সময় পরে ছোট অণুগুলি পর্দা ভেদ করে বাফারে চলে আসবে ও প্রোটীন ব্যাগের মধ্যে থেকে যাবে।



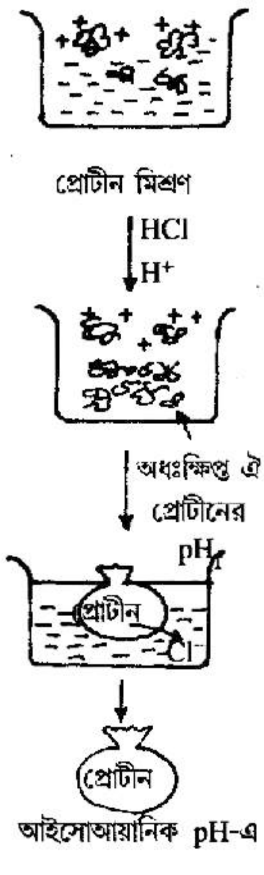
আলট্রা সেন্টিফিউগেশন করলে প্রোটীন অণু অধঃক্ষেপ হবে ও ছোট অণুগুলি ওপরে ভাসমান থাকবে। এক্ষেত্রে ঘনত্বনির্ভর সেন্ট্রিফিউগেশনেরও (Density gradient centrifugation) সাহায্য নেওয়া যেতে পারে। আলট্রাফিলট্রেশনেও ছোট অণু প্রোটীন অণু থেকে পৃথক হয়ে যাবে।

খ) মল্যুকুলার এক্সক্লুশন ক্রোমাটোগ্রাফি (Molecular exclusion chromatography) :

এ পদ্ধতিতে কিছু বড় অণুকে সিস্টেম থেকে বার করে দেওয়া হয় তাই 'exclusion' শব্দটি ব্যবহৃত হয়েছে। একে জেল ফিলট্রেশন (Gel filtration)-ও বলা হয়। অ্যাগারোজ বা সেবাডেক্স— পলিস্যাকারাইড-এর দানার মধ্যে কিছু নির্দিষ্ট আকারের প্রোটীন প্রবেশ করতে পারে— বড় প্রোটীনগুলি কলাম (column) থেকে বেরিয়ে আসে। এরপরে বাফার ঢেলে ঐ প্রোটীন অণুগুলিকে দানার মধ্যে থেকে বের করে দেওয়া হয়।

২) দ্রাব্যতার ওপরে নির্ভর করে পৃথকীকরণ :

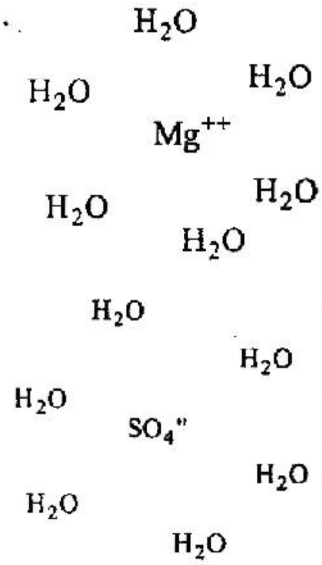
ক) আইসোইলেকট্রিক অধঃক্ষেপণ :



প্রোটীন অণুগুলির পৃষ্ঠতলে হয় ধনাত্মক, নয় ঋণাত্মক তড়িতাধান থাকবে অথবা সম্পূর্ণ প্রশমিত হবে। সম্পূর্ণ প্রশমিত প্রোটীনগুলি পরস্পরের কাছাকাছি এসে সঙ্ঘবদ্ধ হয়ে অধঃক্ষিপ্ত হয়। যাদের পৃষ্ঠতলে তড়িতাধান আছে তাদের ওপরে অ্যাসিড অথবা ক্ষার যোগ করলে কোন একটি নির্দিষ্ট pH-এ পৃষ্ঠতলের তড়িতাধান যদি প্রশমিত হয়ে যায় তাহলে ঐ প্রোটীনটি ঐ pH-এ সঙ্ঘবদ্ধ হয়ে অধঃক্ষিপ্ত হবে। যতক্ষণ তড়িতাধান থাকবে ততক্ষণ নিজেদের মধ্যে বিকর্ষণ হয়ে অধঃক্ষিপ্ত হতে পারবে না। যে pH-এ প্রোটীনটির তড়িতাধান প্রশমিত হয় তাকে আইসোইলেকট্রিক pH বলে। HCl অথবা NaOH দিয়ে তড়িতাধান প্রশমিত করলে Cl^-/Na^+ আয়নও থাকবে। যদি ডায়ালিসিস করে Cl^-/Na^+ আয়ন মুক্ত প্রশম প্রোটীন অণু পাওয়া যায় তাহলে ঐ pHকে আইসোআয়নিক pH বলে।

খ) সল্টিং ইন ও সল্টিং আউট :

যে সব প্রোটীন জলে দ্রবণীয় তাদের দ্রাব্যতা আরও বৃদ্ধি পায় যদি জলে কোন লবণ দ্রবীভূত থেকে জলের আয়নিক স্ট্রেংথ (Ionic strength) বাড়িয়ে দেয়। সাধারণত $(NH_4)_2SO_4$ অথবা $MgCl_2$ জাতীয় লবণ ব্যবহৃত হয়— কারণ SO_4'', Mg^{2+} বেশী তড়িতাধানের আয়ন ও এদের দ্রাব্যতা জলে সাঙ্ঘাতিক বেশী। অনেক বেশী পরিমাণে জলে যোগ করা সম্ভব। এই অবস্থায় অনেক অনেক প্রোটীন জলে দ্রবীভূত হবে অর্থাৎ জলে প্রোটীনের দ্রাব্যতা বাড়বে। ইহাকে বলা



হয় সল্টিং ইন (Salting in)।

কিন্তু কিছুক্ষণ পরে আরও লবণ যোগ করলে জলে প্রোটীনের দ্রাব্যতা কমে যাবে ও কিছু প্রোটীন অধঃক্ষিপ্ত হয়ে যাবে। কারণ, লবণ তার দ্রাব্যতার জন্য দ্রবণ থেকে দ্রাবক অণু সরিয়ে নেবে তাতে প্রোটীন দ্রবীভূত হওয়ার দ্রাবক অণু কমে যাবে ও প্রোটীন অণু শেষ পর্যন্ত দ্রাবক অণু না পেয়ে অধঃক্ষিপ্ত হয়ে যাবে। এই ঘটনাকে বলে সল্টিং আউট (salting out)।

গ) দ্রাবক বিভাজন প্রক্রিয়া (Solvent fractionation procedure) :

জল, ইথানল, অ্যাসিটোনের আয়নিক স্ট্রেন্থ বিভিন্ন বলে বিভিন্ন তড়িতাধানের প্রোটীনের দ্রাব্যতা বিভিন্ন। জলে একটি প্রোটীন মিশ্রণে অ্যাসিটোন যোগ করলে কিছু প্রোটীন অধঃক্ষিপ্ত হবে। তখন জলের আয়নিক স্ট্রেন্থ কমে যাবে ও বেশী পোলার প্রোটীনগুলি অধঃক্ষিপ্ত হবে। এইভাবে দ্রাব্যতার ওপরে নির্ভর করে প্রোটীনগুলিকে আলাদা করা সম্ভব।

তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলেও দ্রাব্যতার পরিবর্তন হয়। সুতরাং তাপমাত্রা বৃদ্ধিকেও এই ব্যাপারে কাজে লাগানো যেতে পারে। বেশীর ভাগ গ্লোবিউলার প্রোটীন $0° \rightarrow 80°C$ পর্যন্ত দ্রাব্যতার বৃদ্ধি দেখিয়ে থাকে তার পরে ডিনেচারড্ হয়ে পড়ে।

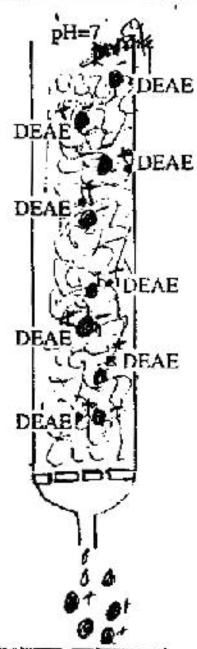
৩) তড়িতাধানের ভিত্তিতে প্রোটীনের পৃথকীকরণ :

ক) **আইসোইলেকট্রিক pH-এর পদ্ধতিটি** তড়িতাধান-এর ওপরে ভিত্তি করে, বলা যেতে পারে।

খ) আয়ন এক্সচেঞ্জ ক্রোমোটোগ্রাফি :

এই পদ্ধতিতে একটি কলামে সেলুলোজ রাখা থাকে। সেলুলোজের সঙ্গে কখনও ডাইইথাইল অ্যামিনো ইথাইল (Diethyl amino ethyl– DEAE) যুক্তকরা থাকে। pH = 7·0-এ ঐ গ্রুপটি ধনাত্মক তড়িতাধানযুক্ত। কোন একটি প্রোটীন এই pH-এ ঋণাত্মক তড়িতাধানযুক্ত হলে, ঐ কলামের মধ্যে দিয়ে যাওয়ার সময়ে সে আবদ্ধ হবে বিপরীত তড়িৎধর্মী গ্রুপের সঙ্গে। বাকীরা কলাম থেকে বেরিয়ে যাবে। এবারে ওই ঘনত্বযুক্ত লবণ দ্রবণ চালালে Cl^- ঐ প্রোটীনকে স্থানচ্যুত করবে ও ঐ প্রোটীনকে পাওয়া যাবে।

যদি সেলুলোজের সঙ্গে কার্বক্সিমিথাইল (CM) গ্রুপ যোগ করা হয় তাহলে $7 \rightarrow 0$ pH-এ কলামটি ঋণাত্মক তড়িতাধান যুক্ত হয়ে থাকবে। এইভাবে কোন প্রোটীন মিশ্রণ পাঠালে ধনাত্মক তড়িতাধানযুক্ত প্রোটীনটিও কলামে আবদ্ধ হবে ও বাকীরা বেরিয়ে যাবে। পরে ঐ প্রোটীনটিকে ঘনত্ব যুক্ত লবণ দ্রবণ পাঠিয়ে মুক্ত করে নিতে হবে।



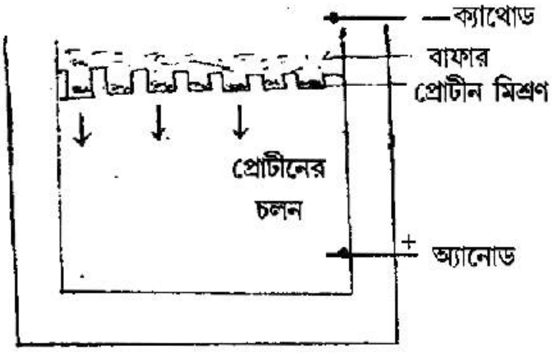
ধনাত্মক আয়নযুক্ত ও প্রশম প্রোটীন

জেল ইলেকট্রোফোরেসিস :

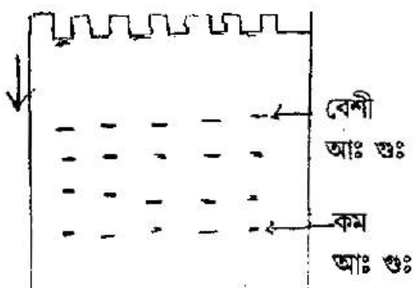
যেহেতু প্রোটীনগুলি লায়োফিলিক কোলয়েড— অতএব ওরা তড়িৎক্ষেত্রে কোন নির্দিষ্ট তড়িৎদ্বারের দিকে চলবে। নির্ভর করে প্রোটীনের পৃষ্ঠতলের তড়িতাধান ও দ্রবণের pH-এর ওপরে। যদি প্রোটীনের পৃষ্ঠতলের তড়িতাধান ধনাত্মক হয় pH = 7-এ তবে ঐ pH-এ ঐটি ক্যাথোডের দিকে চলমান হবে। এই ঘটনাকে বলে ইলেকট্রোফোরেসিজ

(Electrophoresis)। ইলেকট্রোলিসিসে একটি অণুর একটি অংশ যায় ক্যাথোডের দিকে, আরেকটি অংশ যায় অ্যানোডের দিকে। কিন্তু ইলেকট্রোফোরেসিসে সম্পূর্ণ অণু কোন একটি দিকে ধাবমান হয়। এই সূত্রটিকে কাজে লাগিয়ে প্রোটীন অণুকে মিশ্রণ হতে পৃথক করা যায়।

ছিদ্রযুক্ত জেল প্রস্তুত করা হয় দুইটি কাচের স্লাইডের মধ্যে। ঐ জেলের মধ্য দিয়া বাফারের উপস্থিতিতে প্রোটীন অণুগুলিকে তড়িৎক্ষেত্রের মধ্যে চালিত করা হয়। এক্ষেত্রে, প্রোটীণ অণুর তড়িতাধান ও আপেক্ষিক গুরুত্ব দুইয়ের উপর নির্ভর করে প্রোটীন-এর গতি হয়। কিন্তু যদি প্রোটীন অণুর সঙ্গে সোডিয়াম ডোডেসাইল সালফেট (SDS) মেশানো হয় তাহলে SDS-এর নিজস্ব ঋণাত্মক তড়িতাধানের জন্য সব প্রোটীন অণুই ঋণাত্মক হবে এবং শেষ পর্যন্ত আপেক্ষিক গুরুত্বের ভিত্তিতে চলবে। হালকা অণু অবশ্যই তাড়াতাড়ি চলবে।



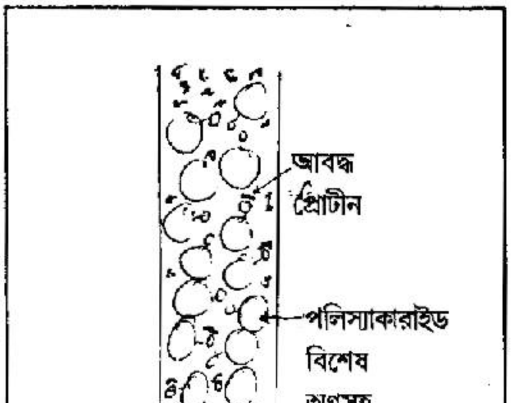
জেলইলেক্টোফোরেসিস



জেলটিকে পরে ট্রাফ থেকে তুলে কুমাজি ব্লু দিয়ে রঙ করার পরে

আসক্তি বা অ্যাফিনিটি ক্রোমাটোগ্রাফি :

কোন প্রোটীনের যদি কোন অণুকে আবদ্ধ করবার প্রবণতা থাকে তাহলে সাধারণ কলাম ধাত্র অর্থাৎ কোন পলি - স্যাকারাইডের সঙ্গে ঐ বিশেষ অণুটির সংযোগ স্থাপন করে কলামে ব্যবহার করা হয়। এই অবস্থায় প্রোটীন মিশ্রণ pH = 7.0 এই বেশীর ভাগ সময় কলামের ওপরে ঢালা হয়। যে প্রোটীনটি ঐ বিশেষ অণুকে আবদ্ধ করতে পারে সেটি কলামে রয়ে যাবে বাকী সব প্রোটীন বেরিয়ে যাবে। এরপরে দ্রবণের pH পরিবর্তন করে ওই আবদ্ধ প্রোটীনকে তলায় সংগ্রহ করা হয়।



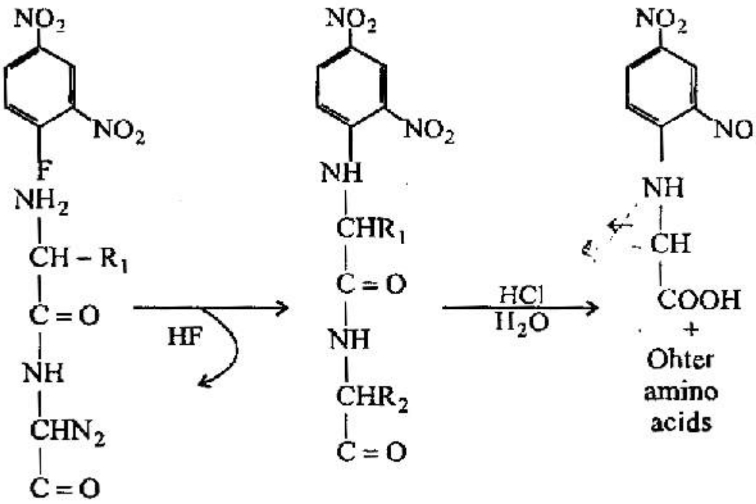
৪) পরিশোষণ (absorption) পদ্ধতিতে প্রোটীন পৃথকীকরণ :

কার্বন, অ্যালুমিনা (Al_2O_3) ইত্যাদির ওপর প্রোটীন মিশ্রণকে পরিশোষণ করতে দিলে কার্বন-এর সঙ্গে প্রশম প্রোটীন অণু ও অ্যালুমিনার সঙ্গে ঋণাত্মক আধানযুক্ত প্রোটীন অণু আবদ্ধ হয়ে— পরিশোষিত হয়। হাইড্রক্সিঅ্যাপাটাইটও ব্যবহৃত হয়। উহাতে ধনাত্মক আধানযুক্ত পরমাণু আকৃষ্ট হতে পারে।

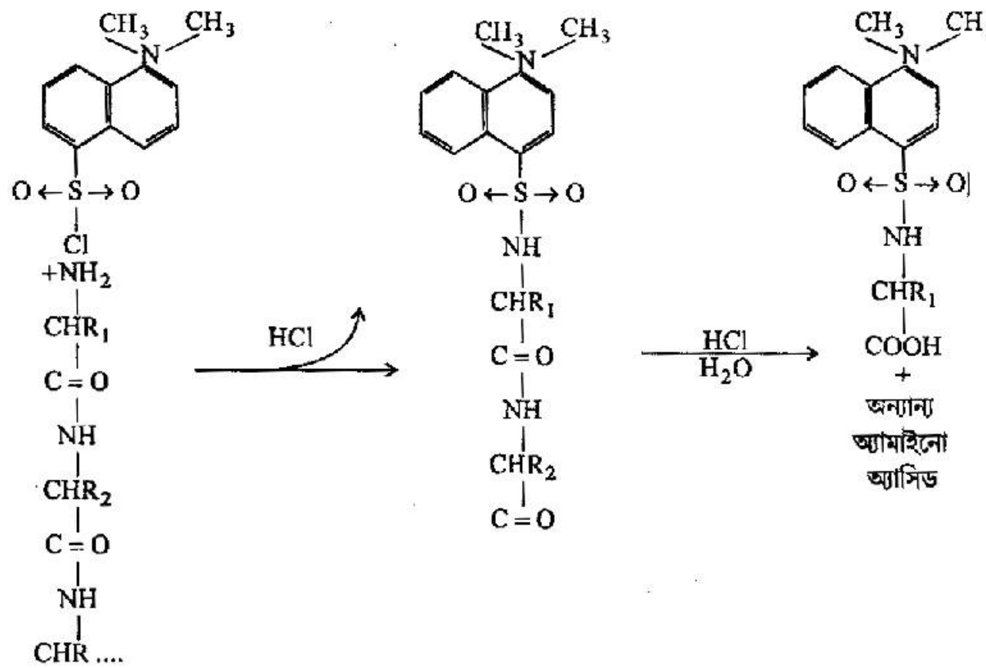
2.12. প্রোটীন অণুতে অ্যামিনো অ্যাসিডের ক্রম নির্ণয় :

১) স্যাঙ্গানের বিক্রিয়া (Sangan's method) :

১) 2, 4-ডাই নাইট্রোফ্লুরোবেনজিন (DNFB)-এর সঙ্গে N-প্রান্তীয় অ্যামিনো অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ার ওপরে HCl-দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হলে N-প্রান্তীয় অ্যামিনো অ্যাসিড সহ 2,4-DNFB যৌগটি ভিন্ন বাকী পেপটাইট বন্ধনী ভেঙে যায়। 2,4-DNFB-র সঙ্গে অ্যামাইনো অ্যাসিড সহ যৌগটি হলুদ বর্ণের। তাই পেপার ক্রোমাটোগ্রাফি করে এই যৌগটিকে পৃথক করা সম্ভব ও কোন অ্যাসিড N-প্রান্তে আছে তা জানা সম্ভব।



2) 1-ডাইমিথাইল অ্যমাইনো ন্যাপথালিন সালফোনীল ক্লোরাইড (অথবা ড্যানসিল ক্লোরাইড) বিক্রিয়া :

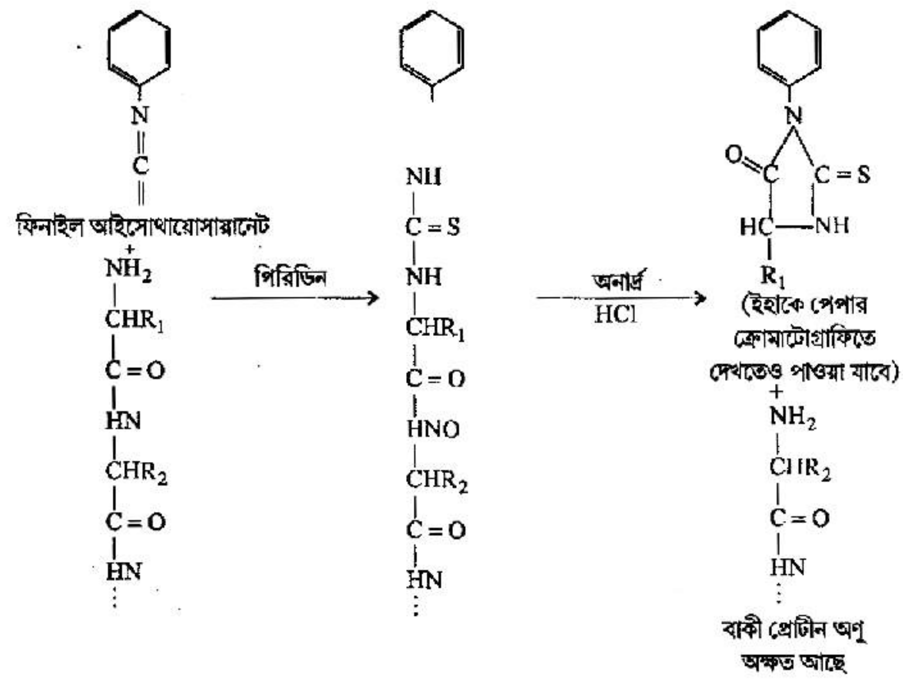


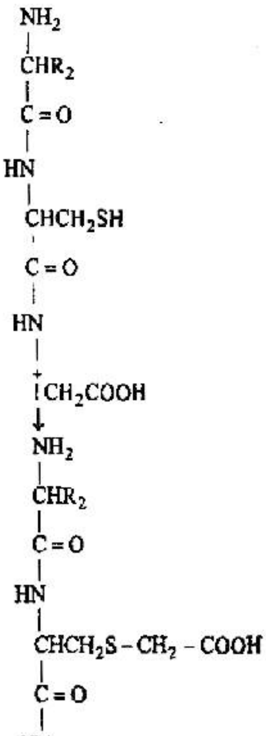
ড্যানসিল ক্লোরাইডের সঙ্গে অ্যামাইনো অ্যাসিডের যৌগটি ফ্লুরোসেন্ট যৌগ ও স্পেক্ট্রোফ্লুরোমিটারে নির্দিষ্ট তরঙ্গ দৈর্ঘ্যে এর আলোক শোষণ থেকে বলা যাবে এখানে কোন অ্যামাইনো অ্যাসিডটি আছে।

উপরিউক্ত পদ্ধতিগুলিতে শুধুমাত্র N-প্রান্তীয়টিকে জানা সম্ভব— একবারে। দ্বিতীয়বারে N-প্রান্তীয়টিকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে তার পরবর্তী কে জানা সম্ভব। কিন্তু তাতে কাজটিতে ভুল হওয়ার সম্ভাবনা প্রবল।

3) এড্‌ম্যানের (Edman's) পদ্ধতি :

এতে অনার্দ্র HCl ব্যবহার করা হয় তাই অন্য পেপটাইড বন্ধনীর কোন ক্ষতি হয় না। প্রোটীন অণুটি ঠিক থাকে।





পরবর্তী পর্যায়ে বাকী প্রোটীন অণুর নতুন N-প্রান্তীয় অ্যামিনো অ্যাসিডটিকে পৃথক করা যাবে। এইভাবে সমগ্র প্রোটীন অণুতে অ্যামিনো অ্যাসিডের ক্রম বাহির করা যাবে। অনেক নেটিভ প্রোটীনে N-প্রান্তীয় অ্যামিনো অ্যাসিডটি এত ভিতরে থাকে যে বিক্রিয়ায় অংশ নিতে চায় না। সেক্ষেত্রে প্রোটীনটিকে একটু ডিনেচারড্ করে নিলে ভালো হয়। যদি প্রোটীনে কোথাও –S–S– বন্ধনী থাকে তাহলে $HSCHCH_2OH$ (মারক্যাপটোইথানল) দিয়ে বিক্রিয়া করিয়ে নিতে হবে। সেক্ষেত্রে Cys.-এর মুক্ত SH. গ্রুপটিকে ICH_2COOH (আয়ডো অ্যাসিডিক অ্যাসিড) দিয়ে আবৃত করে দিতে হবে। কারণ, –SH গ্রুপটি না হলে আবার জারিত হয়ে যাবে।

4) C-প্রান্তীয় অ্যামাইনো অ্যাসিড নির্ধারণে $LiBH_4$:

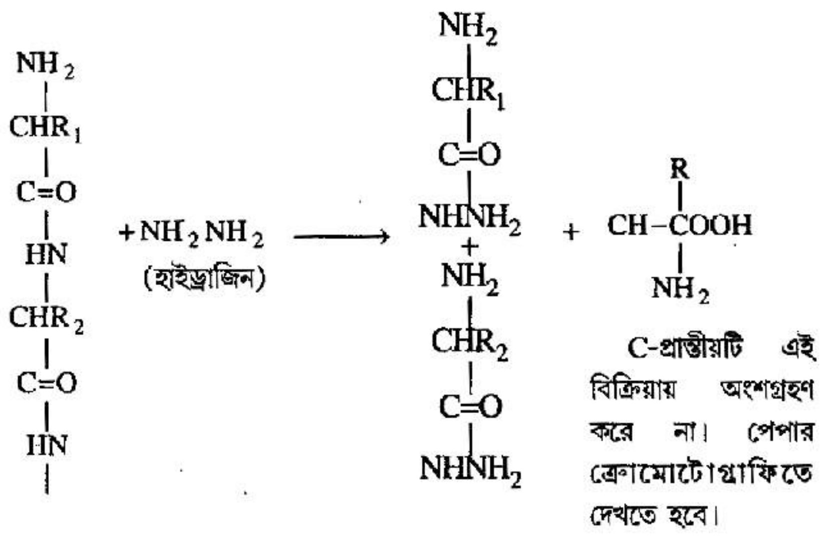
$$-COOH + LiBH_4 \rightarrow -CH_2OH$$

প্রোটীন অণু $\xrightarrow{\text{আর্দ্র বিশ্লেষণ}}$ অ্যামিনো অ্যাসিড + C-প্রান্তীয় অ্যামিনো অ্যালকোহল

↓

একে পেপার ক্রোমাটোগ্রাফিতে পৃথক করতে হবে ও চিনতে হবে।

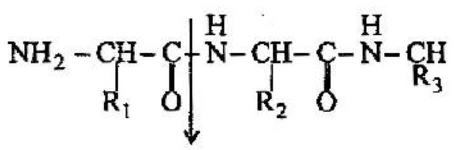
5) C-প্রান্তীয় অ্যামিনো অ্যাসিড নির্ধারণে NH_2NH_2 :



6) অ্যামিনো পেপটিডেজ ও কার্বক্সি পেপ্‌টিডেজ উৎসেচক দুটি প্রোটীনের N-প্রান্তীয় দিক ও C-প্রান্তীয় দিক থেকে যথাক্রমে একটি অ্যামিনো অ্যাসিড নির্গত করে যদি সময়টি সঠিক মেনে চলা যায়। উৎসেচক বিক্রিয়ার গতি এত বেশী যে সময় বেশী দিলে পরবর্তী অ্যামাইনো অ্যাসিডটিও বিশ্লেষিত হয়ে যাবে।

7) কিছু কিছু উৎসেচক প্রোটীনের পেপটাইড বন্ধনীকে বিশ্লেষিত (Hydrolysis) করে— এই উৎসেচকগুলিকে প্রোটীয়েজ বলে। এরা নির্দিষ্টভাবে কোন একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের অবস্থান দেখে বিশ্লেষণ করে।

যদি প্রোটীন অণু এমন হয়



যদি পেপটাইড বন্ধনীর C=O গ্রুপদাতা অ্যামিনো অ্যাসিডটিকে চিনে নিয়ে কাজ করে তবে ঐ অ্যামিনো অ্যাসিডের অবস্থান বলব 1 যদি N–H -গ্রুপদাতা অ্যামাইনো অ্যাসিডকে চিনতে পারে তবে বলব অ্যামিনো অ্যাসিডের অবস্থান 2। নিম্নে একটি তালিকা দেওয়া হল :

উৎসেচক (প্রোটীয়েজ)	অ্যামিনো অ্যাসিড ও তার অবস্থান
ট্রিপসিন	অ্যামিঅ্যাসিড 1 = Hys./Arg.
কাইমোট্রিপসিন	অ্যামাইনোঅ্যাসিড 1 = Phe/Tyr/Trp.
পেপসিন	অ্যামাইনোঅ্যাসিড 1 = Phe/Trp/Tyr. & আরও অনেকে
থার্মোলাইসিন	অ্যামাইনোঅ্যাসিড 2 = Hen/Ile/val.
CNBr. (সায়ানোজেন ব্রোমাইড) [উৎসেচক নয়]	অ্যামাইনো অ্যাসিড 1 = Met.

8) প্রোটীনকে সম্পূর্ণরূপে আর্দ্র বিশ্লেষিত করা যায় 6(N) HCl দিয়ে

প্রোটীন + 6(N) HCl $\xrightarrow[10-24\lambda]{100-120°C}$ ক) সম্পূর্ণ আর্দ্রবিশ্লেষণ

খ) কোন অ্যামিনো অ্যাসিডের রেসিমাইজেশন হয় না।

গ) Trp-টি নষ্ট হয়ে যায়

ঘ) Ser ও Thr সঠিক পরিমাণে পাওয়া যায় না।

ঙ) Gln ও Asn বিশ্লেষিত হয়ে Glu ও Asp হয়ে যায়ও NH_4^+ পাওয়া যায়।

9) **প্রোটীনকে ঘন NaOH দ্রবণ দিয়ে আর্দ্রবিশ্লেষণ করলে** উৎপন্ন পদার্থ একটু আলাদা হবে :

প্রোটীন + Strong NaOH $\xrightarrow{\text{ফুটন্ত}}$ ক) সম্পূর্ণ আর্দ্র বিশ্লেষণ হবে

খ) সব অ্যামাইনো অ্যাসিডের রেসিমাইজেশন হবে।

গ) Cys, Cys Cgs, Ser ও Thr নষ্ট হয়ে যায়।

ঘ) কিন্তু Trp. অক্ষত পাওয়া যায়।

শুধুমাত্র Trp.-টিকে পাওয়ার জন্য এই পদ্ধতিতে আর্দ্র বিশ্লেষণ করা যেতে পারে।

2.13. প্রোটীনের অন্যান্য বিক্রিয়া

ক) জান্থোপ্রোটীক বিক্রিয়া (Xanthorpoteic Reaction) :

Phe/Tyr/Trp. $\xrightarrow[\text{ফুটন্ত}]{\text{ঘন } HNO_3}$ হলুদ অধঃক্ষেপ $\xrightarrow{\text{ক্ষার}}$ কমলা অধঃক্ষেপ

অ্যামিনো অ্যাসিড অথবা প্রোটীনে অবস্থিত

[কোলাজেন এই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না, কারণ এতে অ্যারোমেটিক অ্যামিনো অ্যাসিড নেই।]

খ) মিলনের বিক্রিয়া (Millon's reaction) :

Tyr. অ্যামিনো অ্যাসিড অথবা প্রোটীনে অবস্থিত + $HgNO_3$, $Ag_2(NO_3)_2$, HNO_3 & HNO_2 $\xrightarrow{\text{তাপ}}$ লাল অধঃক্ষেপ

[কোলাজেন এই বিক্রিয়াতেও অংশগ্রহণ করে না।]

প্রোটীনের অন্যান্য বিক্রিয়া :

গ) সাকাগুচি বিক্রিয়া (Sakaguchi Reaction) :

Arg + NaOCl + α-ন্যাপথল $\rightarrow$ লালবর্ণ

(স্বাধীনভাবে প্রোটীনে উপস্থিত)

ঘ) পাউলি বিক্রিয়া (Pauly's Reaction) :

Tyr/His $\xrightarrow[\text{সালফানিলিক অ্যাসিডের ডায়াজো যৌগ}]{\text{ক্ষারে উপস্থিত}}$ লালবর্ণ

(স্বাধীন অথবা প্রোটীনে উপস্থিত)

ঙ) হপ্‌কিন্স কোলে বিক্রিয়া (Hapkins-Cole Reaction) :

Trp. + গ্লাইঅক্সিলিক অ্যাসিড + ঘন H_2SO_4

(স্বাধীন বা প্রোটীনে উপস্থিত) ↓

দুটি স্তরের মধ্যবর্তী স্থানে বেগুনী রঙ

প্রোটীনের কাজ কী?

কাজ	উদাহরণ
1। বাহক	হিমোগ্লোবিন— O_2 ও CO_2 বহন করে। লিপোপ্রোটীন— লিপিড বহন করে।
2। সঞ্চয়কারী	অ্যালবুমিন— প্রয়োজনে অ্যামাইনো অ্যাসিড ও শক্তি যোগান দেবে।
3। চলন	অ্যাকটিন ও মায়োসিন।
4। উৎসেচক বা অনুঘটক	অসংখ্য আছে— হেক্সোকাইনেজ।
5। হরমোন	ইনস্যুলিন।
6। কোষের গঠন রক্ষাকারী	কোলাজেন, কেরাটিন।
7। রক্ষক	ইমিউনো গ্লোবিউলিন
8। বিষ	ডিপথেরিয়া টক্সিন, বটুলিনামটক্সিন।

2.15. সংক্ষিপ্তসার :

- প্রকৃতিতে প্রাপ্ত প্রোটীনের বিশ্লেষণে 20টি অ্যামাইনো অ্যাসিড পাওয়া যায়। যাতে সবগুলিতেই α-NH_2 ও α-COOH গ্রুপ বর্তমান শুধু R-গ্রুপের বিভিন্নতা হেতু সবাই ভিন্ন।
- R-গ্রুপের ওপর নির্ভর করে— প্রশম নন পোলার, প্রশম পোলার, অ্যাসিডিক ও বেসিক— এই চারভাগে বিভক্ত করা হয়েছে। এদের মধ্যে 8-টি মানুষের শরীরের জন্য আবশ্যিক।
- কিছু পরিবর্তিত অ্যামাইনো অ্যাসিড আছে যা শুধু প্রোটীনে পাওয়া যায়— স্বাধীনভাবে পাওয়া যায় না। কিছু অ্যামাইনো অ্যাসিড আছে যা শুধু স্বাধীনভাবেই পাওয়া যায় প্রোটীনে দেখা যায় না।
- জলে দ্রবণীয় সব অ্যামিনো অ্যাসিড ও জলে $R-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COO^-$-এই সংকেতে থাকে— এই সংকেতে +3 — দুই তড়িতাধানই থাকায় একে জুইটারায়ন বলে। এরা দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিডের মত ব্যবহার করে। যে pH জুইটারায়ন রূপে থাকে তাকে আইসোইলেকট্রিক pH বলে। এদের সকলের গলনাঙ্ক 200°C এর ওপরে।
- α-COOH গ্রুপ-এর pK-এর মান 1·8-2·3 হয়, α-NH_2-র pK-র মান 8·9 থেকে 10·8 পর্যন্ত হয়। R-গ্রুপের pK-এর মান বিভিন্ন।
- প্রকৃতিতে প্রোটীনে L-অ্যামিনো অ্যাসিড দেখা যায়, D-টি নয়।
- সব অ্যামিনো অ্যাসিড-এ α-NH_2 গ্রুপ ও α-COOH গ্রুপ তাদের স্বধর্ম বজায় রাখে।
- অ্যামিনো অ্যাসিডকে চিনতে নিনহাইড্রিন বিক্রিয়া ঘটানো হয়।
- পার্টিশান ক্রোমাটোগ্রাফিতে উহাদের পৃথক করা যায়।
- অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলি পেপটাইড বন্ধনী দ্বারা যুক্ত হয়ে প্রোটীন তৈরী করে। প্রোটীনগুলি ম্যাক্রোমল্যুক্যুল ও জলে দ্রবণীয়গুলি লায়োফিলিক কোলয়েড। জলে অদ্রবণীয় প্রোটীনও আছে। সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন পদার্থ।
- প্রোটীনের পেপটাইড বন্ধনী সাধারণ অ্যামাইড বন্ধনীর মত নয়। এই বন্ধনীর ধর্মের ওপরে কিছু বাধা নিষেধ আছে।
- পেপটাইড বন্ধনী অ্যাসিড, ক্ষার ও উৎসেচক দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হতে পারে।
- এডন্যাম পদ্ধতিতে প্রোটীনে উপস্থিত অ্যামাইনো অ্যাসিডের ক্রম সব থেকে ভালোভাবে জানা যায়।
- চাররকমের প্রোটীন অণুর গঠন দেখা যায়— প্রাথমিক, মাধ্যমিক, ত্রিতীয়ক ও চতুর্থক।
- প্রোটীনের বিভিন্ন ভৌত ধর্ম যেমন আকার (সাইজ), তড়িতাধান, দ্রাব্যতা ইত্যাদির ওপর নির্ভর করে মিশ্রণ থেকে পৃথক করা যায়।

2.6. সহায়িকা প্রশ্নোত্তর ও প্রাসঙ্গিক বই :

1) বস্তুমুখী প্রশ্ন

1) কোন্ অ্যামাইনো অ্যাসিডের আর্দ্র বিশ্লেষণে আরেকটি অ্যামাইনো অ্যাসিড পাওয়া যায়?
2) Phe জলে ভালো দ্রবণীয় নয় কিন্তু Ser-ভালোভাবে দ্রবণীয়।— কেন?

3) তালিকা থেকে নিম্নলিখিত অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলির pH_I নির্ণয় করা যাবে কি?
ক) হিস্টিডিন; খ) লিউসিন; গ) অ্যামপারটিক অ্যাসিড
টাইট্রেশন লেখচিত্র কেমন হবে?

4) ঠিক না ভুল :
সব অ্যামাইনো অ্যাসিডই নিনহাইড্রিনের সঙ্গে বেগুনি রঙের দ্রবণ উৎপন্ন করে।

5) কোন্ অ্যামাইনো অ্যাসিড HNO_2-এর সঙ্গে N_2 উৎপন্ন করে না।

6) ঠিক না ভুল :
ত্রিতীয়ক ও চতুর্থক গঠনে প্রোটীন থার্মোডিনামিক্সের দ্বিতীয় সূত্র লঙ্ঘন করে।

7) বাইইউরেট বিক্রিয়ায় বাইইউরেট ব্যবহৃত হয়?

8) ঠিক না ভুল :
সব প্রোটীনই 260-280 ηm তরঙ্গ দৈর্ঘের আলো শোষণ করে।

9) α-কেরাটিনকে গরম করে টানলে দৈর্ঘে বাড়ে কেন?

10) রাসায়নিক আর্দ্র বিশ্লেষণে সব অ্যামিনো অ্যাসিডকে কি পাওয়া যাবে প্রোটীন থেকে?

2। বিষয়মুখী প্রশ্ন :

1) আইসোইলেকট্রিক pH বলতে কী বুঝায়? উদাহরণ দিয়ে ব্যাখ্যা করতে হবে।

2) Glu-এর সঙ্গে নিনহাইড্রিনের বিক্রিয়াটি কেমন হবে?

3) একটি অ্যামিনো অ্যাসিডের— আইসোইলেকট্রিক pH 8-এর বেশী। এইটি $LibH_4$-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় একটি যৌগ গঠন করে যার আপেক্ষিক গুরুত্ব 118। অ্যামিনো অ্যাসিডটির নাম কি?

4) 400 মিলি. L-Ala-কে pH = 8·0-এ রাখা হল ও HCHO যোগ করা হল। এই দ্রবণকে আবার pH = 8·0-এ নিতে 250 মিলি 0·2(M) NaOH দ্রবণ লাগল। ঐ প্রথম দ্রবণে কত গ্রাম L-Ala ছিল?

5) pH = 1, pH = 4, pH = 8 ও pH = 10-এ Ala, Asp, Lys ও His-এর কি কি গঠন দেখা যাবে?

6) নখের প্রোটীন ও সিল্ক প্রোটীনের মধ্যে পার্থক্য কী কী?

7) তড়িতাধানের ভিত্তিতে প্রোটীন পৃথকীকরণ পদ্ধতিগুলি কী কী?

8) 6নং বস্তুমুখী প্রশ্নের উত্তরের ব্যাখ্যা কী?

9) জেল ফিলট্রেশন পদ্ধতিতে একটি প্রোটীনের আপেক্ষিক গুরুত্ব দেখা গেল 1,60,000; যখন SDS জেল হলেই ফোরেক্টারেসিস করা হল তখন একটাই ব্যান্ড পাওয়া গেল যার আপাত আপেক্ষিক গুরুত্ব 40,000; এই পর্যবেক্ষণের ব্যাখ্যা কি?

10) পলি-L-Pro একটি হেলিক্স গঠন করতে পারে যেটা কোলাজেনের একটি হেলিক্সের মত কিন্তু ত্রি-হেলিক্স গঠন করতে পারে না কোলাজেনের মত। কারণ কী?

প্রশ্নের উত্তর

1। বস্তুমুখী প্রশ্ন :

1) Asn/Gln.

2) Phe-এর অ্যারোমেটিক রিং-এর জন্য জলে দ্রবণীয়তায় ব্যাখাত ঘটে। কিন্তু Ser-এর –OH গ্রুপের জন্য জলের

সঙ্গে H-বন্ধনী সৃষ্টি হয় ও দ্রবণীয়তা বাড়ে।

3) এককে আছে।

4) ভুল; Pro ও Ho-Pro হলুদ বর্ণ উৎপন্ন করে।

5) Pro/Ho-Pro— অর্থাৎ ইমিনো অ্যাসিডগুলি।

6) ভুল।

7) না, বাইইউরেট $\left(NH_2 - \underset{\|}{\overset{}{C}} - NH - \underset{\|}{C} - NH_2 \right)$ (দুটি C-তে =O) প্রোটীন ব্যতীত আরেকটি যৌগ যে ক্ষারীয় Cu^{++}-এর সঙ্গে বেগুনী রং উৎপন্ন করে। তাই ঐ বিক্রিয়ার নাম বাইইউরেট বিক্রিয়া।

8) ভুল; শুধু Phe/Tyr/Trp. যে প্রোটীনে থাকে তারাই ঐ তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোক শোষণ করতে পারে।

9) α-কেরাটিনে হেলিক্স H-বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে। তাপ দিলে H-বন্ধনী খুলে যায় ও প্রোটীনটি দৈর্ঘ্যে বড় দেখায়।

10) এককে আছে।

বিষয়মুখী

1) একক দ্রষ্টব্য।

2) এককে আছে।

3) অরনিথিন

4) 4·45 gm.

5) একক দ্রষ্টব্য।

6) α-কেরাটিন ও β-প্লেটেশীটের তুলনা দ্রষ্টব্য।

7) একক দ্রষ্টব্য।

8) একক দ্রষ্টব্য।

9) SDS যেহেতু প্রোটীনের পলিপেপটাইড চেইনগুলিকে আলাদা করতে পারে— তাই মনে করা যেতে পারে ঐ প্রোটীনে চারটি 40,000 আপেক্ষিক গুরুত্বের পলিপেপটাইড আছে।

10) ত্রিহেলিক্সকে স্থায়ী করতে যে H-বন্ধনী দরকার তা Pro করতে পারবে না। একটি করে HO-গ্রুপ দরকার। আরও Pro-এর নিজস্ব গঠন ও আকার আরেকটি হেলিক্সকে কাছাকাছি আসতে বাধা দেবে।

প্রাসঙ্গিক পুস্তক সমূহ :

1। বায়োকেমিস্ট্রি— এ. লেহ্নিনজার।

2। থিওরী এন্ড প্রবলেম্‌স্ অব বায়োকেমিস্ট্রি— ফিলিপ ডব্লু কুচেল ও গ্রেগরি বি. র‍্যালস্টন্।

একক 3. □ উৎসেচক, সহ উৎসেচক, ভিটামিন ও খনিজ

3.1. প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

3.2. নামকরণ

3.3. শ্রেণীবিন্যাস

3.4. সহউৎসেচক

3.5. উৎসেচকের ক্রিয়া

3.6. Km ও V_{max} কি ও কেন?

3.7. রূপান্তরিত লেখচিত্র

3.8. উৎসেচক ক্রিয়ার প্রভাবক

3.9. উৎসেচকের কার্যপ্রণালী

3.10. উৎসেচকক্রিয়া প্রতিরোধ

3.11. আইসোজাইম

3.12. জাইমোজেন

3.13. অ্যালেস্টেরিক উৎসেচক

3.14. উৎসেচকের ক্রিয়াশীলতার একক

3.15. সহউৎসেচক

3.16. খনিজ

3.17. আদর্শ প্রশ্ন

3.1. প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

পৃথিবীতে সংঘটিত সকল রকম প্রাণ রাসায়নিক বিক্রিয়া হয় এক ধরনের জৈব অনুঘটকের সাহায্যে। এইগুলি সকলেই প্রোটীন— গ্লোবিউলার প্রোটীন। এদের বলা হয় উৎসেচক (Enzyme)। উৎসেচক ব্যাতিরেকে স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিক্রিয়া ঘটে মাত্র কয়েকটি ক্ষেত্রে। 2000-এর ওপরে উৎসেচকের খবর জানা আছে এবং 300-র মত উৎসেচককে বিশুদ্ধ স্ফটিকে (Crystal)-এ পরিণত করা গেছে। 1860 সালে লুই পাস্তুর প্রথম জৈব অনুঘটকের কথা বলেন—

কোহল সন্ধান (Alcholic farmentation) নিয়ে কাজ করবার সময়। 1897 সালে এডওয়ার্ড বুকনার ইস্ট কোষ থেকে জাইমেজ-এর সন্ধান পান নামকরণ করেন এনজাইম্‌ (Enzyme)। বর্তমানে জানা গেছে প্রোটীন ছাড়াও কিছু কিছু ছোট RNA অণু কেবলমাত্র RNA আর্দ্র বিশ্লেষণে উৎসেচকের কাজ করে। এদের Ribozyme বলা হয়।

উৎসেচক নিয়ে অনেক কাজ হলেও উৎসেচক কি রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় এত দ্রুত ও নিখুঁত ও নিজের জন্য নির্দিষ্ট কাজটি করে তা কিন্তু আজও জানা হয়নি।

3.2. নামকরণ :

এতয়ে অসংখ্য বিক্রিয়া ঘটে একটি জীবন্ত কোষে তার জন্য প্রয়োজনীয় উৎসেচকগুলিকে নাম দিতে হলে একটি পদ্ধতি অনুসরণ করতে হবে।

যে অণুটির ওপর উৎসেচকটি কাজ করে সেই অণুকে বলা হয় যৌগক (Substrate)। ঐ যৌগক-এর নামের শেষে -এজ (ase) কথাটি যোগ করে উৎসেচকের নামকরণ করা হত আগে। অনেক ক্ষেত্রে যৌগকের নামা বিক্রিয়ার নামের শেষে -ase যোগ করে উৎসেচকের নামকরণ করা হয়।

উদাহরণ স্বরূপ :

$$\text{ATP} + \text{Creatine} \xrightleftharpoons{\text{উৎসেচক}} \text{ADP} + \text{Phosphocreatine}$$

(ক্রিয়েটিন) (ফসফোক্রিয়েটিন)

ATP (অ্যাডেনোসিন ট্রাইফসফেট) একটি উচ্চ শক্তিসম্পন্ন অণু। সহজেই অন্য অণুকে ফসফেট দিতে পারে। কিন্তু কাজটি উৎসেচক নির্ভর। ঐ উৎসেচকটি এখানে ক্রিয়েটিন কাইনেজ (Creatine Kinase)। কাইনেজ শব্দটি সাধারণতঃ ATP অণু থেকে যে উৎসেচক অন্য অণুতে ফসফেট স্থানান্তরিত করে তার জন্য ব্যবহৃত হয়।

কিন্তু এতে কিছু অসুবিধা দেখা দেওয়ায় একটি বিধিসম্মত উপায়ে (Systematic) উৎসেচকের নামকরণ করা হয়।

তারজন্য উৎসেচকগুলিকে তাদের কার্যপ্রণালী অনুযায়ী ছয়টি শ্রেণীতে ভাগ করে নেওয়া। শ্রেণীগুলি নিম্নে দেওয়া হল— (শ্রেণীগুলির আবার উপশ্রেণীও আছে এবং তাদেরকে নির্দিষ্ট সংখ্যা দিয়ে প্রকাশ করা হয়।)

3.3. উৎসেচকের আন্তর্জাতিক শ্রেণী বিন্যাস :

1. অক্সিডোরিডাকটেজ (জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী উৎসেচক)

উপশ্রেণী*

1.1. > CH – OH-এর ওপরে বিক্রিয়াশীল

1.2. > C = O-এর ওপরে বিক্রিয়াশীল

1.3. > CH = CH-এর ওপরে বিক্রিয়াশীল

1.4. > $CH–NH_2$-এর ওপরে বিক্রিয়াশীল

উদাহরণ :

ল্যাকটিক অ্যাসিড পাইরুভিক অ্যাসিড

2. ট্রান্সফারেজ (কার্যকরীমূলককে এক অণু থেকে অন্য অণুতে স্থানান্তরিতকারী উৎসেচক)

উপশ্রেণী*

2.1. এক কার্বন মূলক $-CH_3$, $-CH_2-$ ইত্যাদি বহনকারী

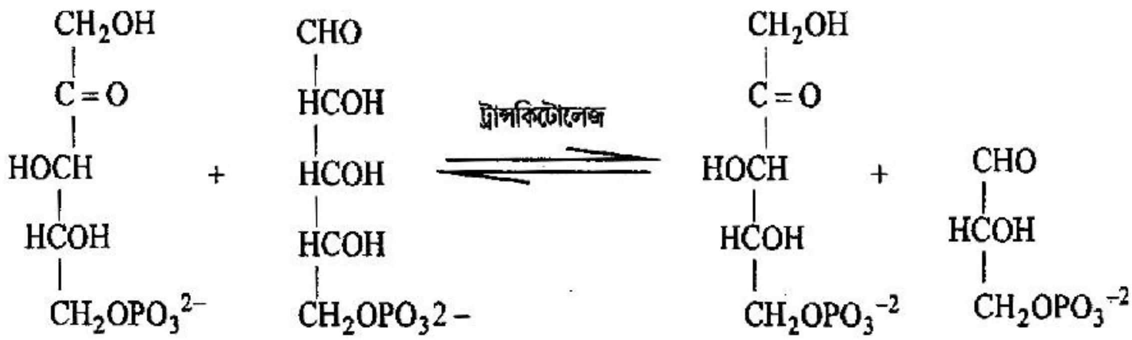
2.2. $-CHO$ অথবা $>C=O$ বহনকারী

2.3. $-\underset{\|}{\overset{}{C}}-CH_3$ -বহনকারী (C=O)

....

2.7. $-O-\overset{O^-}{\overset{|}{\underset{\underset{O}{\|}}{P}}}-O^=$ -বহনকারী

উদাহরণ :



জাইলিউলোজ ফসফেট + রাইবোজ ফসফেট ⇌ সেডোহেপটিউলোজ ফসফেট 2-গ্লিসারালডিহাইড ফসফেট

3. হাইড্রোলেজ (আর্দ্রবিশ্লেষণকারী উৎসেচক)

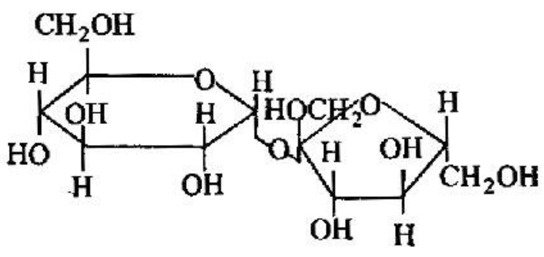
উপশ্রেণী*

3.1. এস্টার-এর আর্দ্রবিশ্লেষণকারী

3.2. গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনীর আর্দ্রবিশ্লেষণকারী

3.4. পেপটাইড বন্ধনীর আর্দ্রবিশ্লেষণকারী

3.5. অন্য $-C-N-$ বন্ধনীর আর্দ্র বিশ্লেষণকারী



সুক্রোজ

↓ সুক্রেজ

গ্লুকোজ + ফ্রুকটোজ

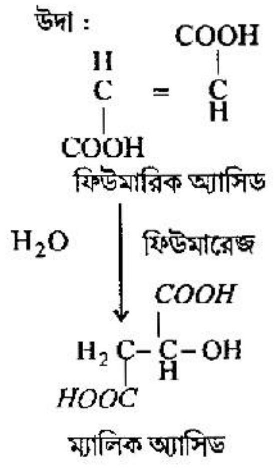
4. লাইএজ (দ্বিবন্ধনে সংযোগকারী উৎসেচক)

উপশ্রেণী*

4.1. > C = C < বন্ধনে সংযোগকারী

4.2. > C = 0 বন্ধনে সংযোগকারী

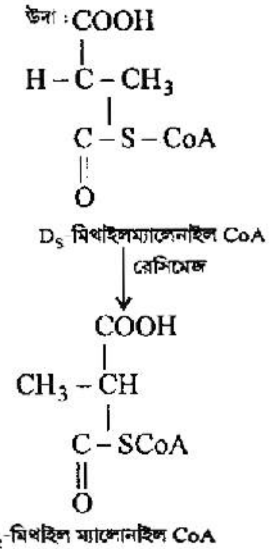
4.3. > C = N – বন্ধনে সংযোগকারী



5 আইসোমারেজ (আইসোমার অর্থাৎ একইরকম সংকেত সহ বিভিন্ন অণু প্রস্তুতকারী উৎসেচক)

উপশ্রেণী :

5.1. রেসিমেজ*



6. লাইগেজ (নতুন বন্ধনী সৃষ্টিকারী উৎসেচক যেটি ATP-র সাহায্য নেয়)

উপশ্রেণী :

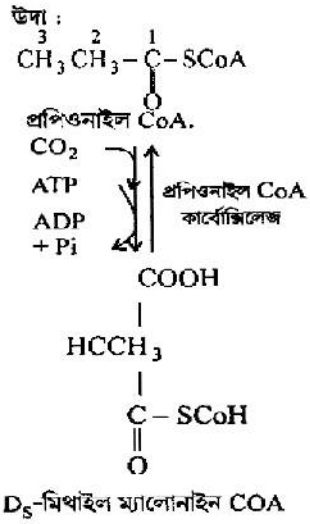
6.1. C – O বন্ধনী সৃষ্টিকারী

6.2. C – S বন্ধনী সৃষ্টিকারী

6.3. C – N বন্ধনী সৃষ্টিকারী

6.4. C – C বন্ধনী সৃষ্টিকারী

[এই বিক্রিয়ায় C–C বন্ধনী সৃষ্টি হয়েছে 2 নং কার্বনের সঙ্গে CO_2-এর বিক্রিয়ায়। বন্ধনী সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি সরবরাহ করেছে ATP; ATP থেকে ADP ও অজৈব ফসফেট (Pi) হওয়ার সময় 7·3 কিলোক্যালরি প্রতিমোলে তাপ উৎপাদিত হয়।]



* আরো অনেক উপশ্রেণী আছে, তবে উৎসেচকের কাজ জানতে গেলে তা জানার দরকার নেই।

এই শ্রেণী বিভাগ ও নামকরণ অনুযায়ী পূর্ববর্তী ক্রিয়েটিন কাইনেজের নাম হবে— EC 2.7.32

EC = এনজাইম কমিশন (Enzyme Commission)

2 = ট্রাইফায়ের শ্রেণীতে শ্রেণীভুক্ত

7 = ট্রান্সফারেজ শ্রেণীর উপশ্রেণী 2·7 অর্থাৎ ফসফেট মূলক স্থানান্তরকারী উৎসেচক

3 = উপ-উপশ্রেণী— অর্থাৎ ফসফেট মূলক স্থানান্তরিত হচ্ছে নাইট্রোজেন আছে এমন একটি যৌগ।

2 = ক্রিয়েটিন কাইনেজ— অর্থাৎ পূর্ববর্তী নাম।

3.4. সহ-উৎসেচক :

অনেক উৎসেচকের বিক্রিয়া সংগঠনের জন্য আরও কিছু সাহায্যকারী যৌগ বা মূলক প্রয়োজন হয়। এই সাহায্যকারী যৌগগুলি প্রোটীন নয়। সাহায্যকারী যৌগ বা মূলক সহ উৎসেচকটিকে বলা হয় হলোএনজাইম (Holoenzyme) ও সাহায্যকারী অংশটিকে বাদ দিলে বাকী অংশটির নাম অ্যাপোএনজাইম (Apoenzyme)।

সাহায্যকারী অংশটি তিন ধরনের হতে পারে—

সাহায্যকারী অংশ

সহউৎসেচক (Coenzyme)	প্রস্থেটিক গ্রুপ (Prosthetic group)	ধাতুমূলক
জৈব যৌগ— (বন্ধনী দ্বারা যুক্ত নয়) উদা : NAD (Nicotinamide adenine dinucleotide) নিকোটিনামাইড অ্যাডেনিন ডাইনিওক্লিটাইড— ডিহাইড্রোজিনেজের সহ উৎসেচক। এই উৎসেচকটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। যৌগকের জারণ হলে অন্য একটি পদার্থের বিজারণ ঘটাতে হয়। উৎসেচক নিজে বিজারিত হবে না। তাই সহউৎসেচকটি থেকে বিজারিত হয় এবং NADH তৈরী হয়।	উদা : Heme gr. ইহা Cytochirome C peroxitare এর Prosthetic group. ইহা ইলেকট্রন সঞ্চালন প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।	উদা : Zn^{++} সাহায্য করে কাইক্সি-পেপটিডেজকে তার বিক্রিয়া সংগঠিত করতে। এই উৎসেচক-গুলিকে মেটালো-এনজাইম বলা হয়।

উদা :

$$CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{C}-COO^-$$

ল্যাক্‌টেক্

↓ ল্যাকটিক ডিহাইড্রোজিনেজ + NAD

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-COO^-$$

পাইরুভেট + NADH

(এখানে উৎসেচক ও সহকারীর মধ্যে কোনও বন্ধনী নেই)

উদা :

$$\begin{array}{l}CH_2-COO^-\\ |\\ CH_2-COO^-\end{array}$$

সাক্সিনেট

↓ সাক্সিনেট ডিহাইড্রোজিনেজ + FAD

$$\begin{array}{l}CH-COO^-\\ \|\\ CH-COO^-\end{array}$$

ফিওমারেট + উৎসেচক—$FADH_2$ (উৎসেচক ও সহ উৎসেচকের মধ্যে বন্ধনী আছে)

উদা :

প্রোটীন

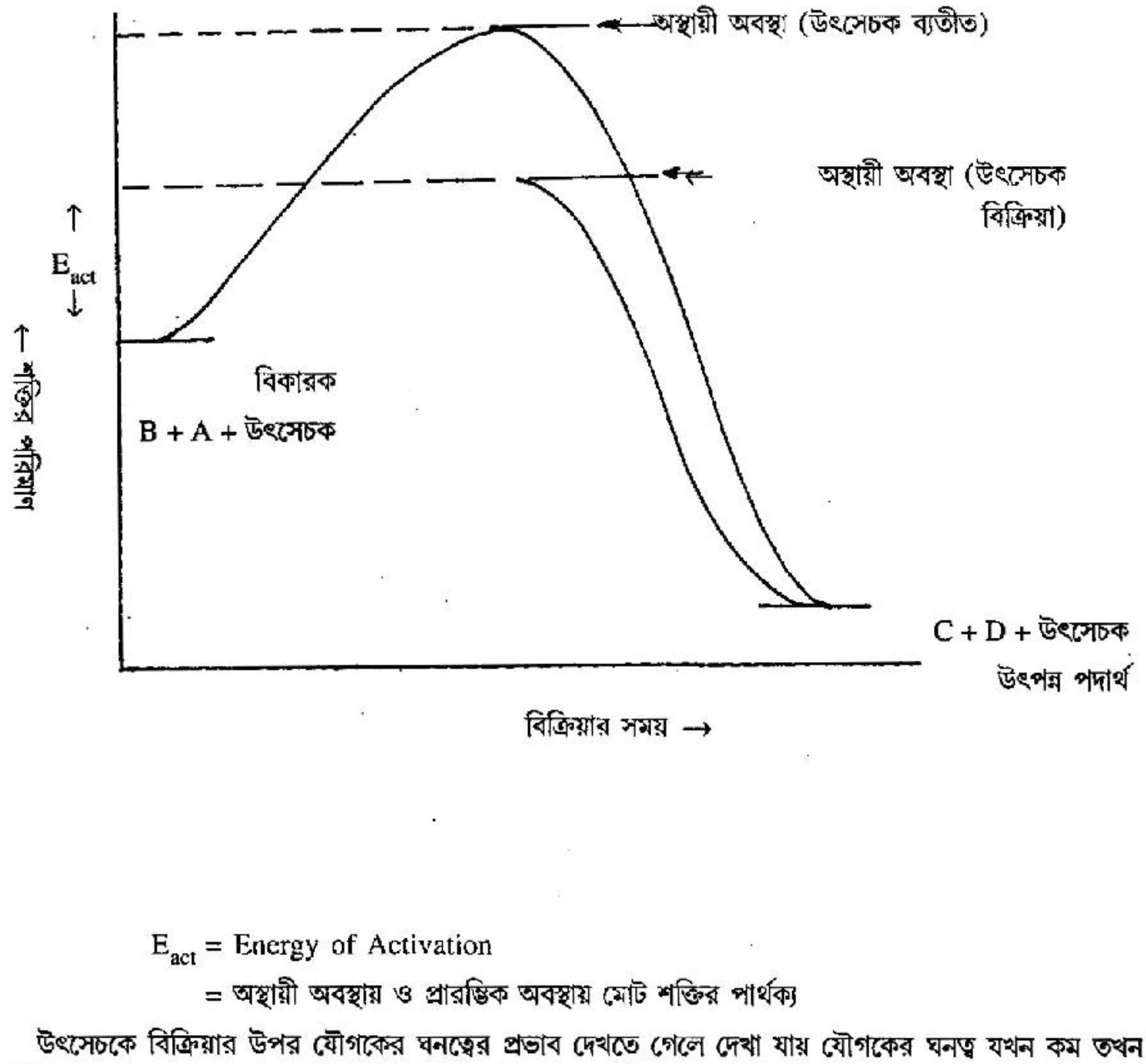
কার্বক্সি পেপটিডেজ

$\downarrow Zn^{2+}$

অ্যামিনো অ্যাসিড

3.5. উৎসেচক তথা অনুঘটকের ক্রিয়া :

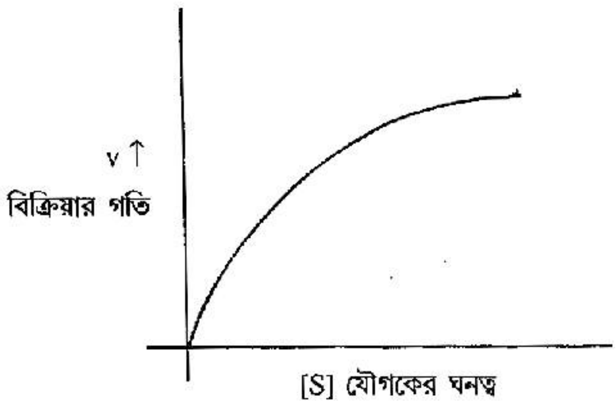
উৎসেচকের অণুগুলি যৌগকের অণুর সঙ্গে অনবরত সংঘর্ষের ফলে একটি অস্থায়ী উচ্চশক্তি সম্পন্ন উৎসেচক—যৌগক অবস্থাপ্রাপ্ত হয় এবং ঐ উচ্চশক্তি সম্পন্ন অস্থায়ী অবস্থা থেকে উৎপন্ন পদার্থ পাওয়া যায়। উৎসেচকটি পুনরায় পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে যাতে আবার বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে। তাই উৎসেচক আসলে জৈব অনুঘটক। বিক্রিয়ার অবস্থা ও বিক্রিয়াশীল পদার্থের শক্তির পরিমাণের একটি লেখচিত্র আঁকা যায় তাহলে চিত্রটি হবে নিম্নরূপ :



E_{act} = Energy of Activation

= অস্থায়ী অবস্থায় ও প্রারম্ভিক অবস্থায় মোট শক্তির পার্থক্য

উৎসেচকে বিক্রিয়ার উপর যৌগকের ঘনত্বের প্রভাব দেখতে গেলে দেখা যায় যৌগকের ঘনত্ব যখন কম তখন বিক্রিয়ার গতি ঘনত্বের সমানুপাতিক, কিন্তু যখন যৌগকের ঘনত্ব খুব বেশী তখন বিক্রিয়ার গতি যৌগকের ঘনত্বের উপর আদৌ নির্ভরশীল নয়। উৎসেচকের এই ধরনের ক্ষমতা ব্যাখ্যা করতে গিয়ে মাইকেলিস (Michalies) প্রস্তাব করেন—



1) উৎসেচক E, যৌগক S-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ES নামক অস্থায়ী অবস্থা প্রাপ্ত হল ও নির্দিষ্ট সময় পরে P নামক বস্তু উৎপাদিত হল ও উৎসেচকটি পূর্বাবস্থায় ফিরে গেল। এক্ষেত্রে একাধিক অস্থায়ী অবস্থাও হতে পারে কিন্তু সরলীকরণের জন্য একটিমাত্র অস্থায়ী অবস্থা কল্পনা করা হল। [ES যৌগের গঠন পরীক্ষাগারে প্রমাণিত হয়েছে]

2) সবকটি বিক্রিয়াই উভমুখী।

3) প্রারম্ভিক অবস্থায় উৎসেকের পরিমাণের তুলনায় যৌগকের পরিমাণ যথেষ্ট বেশী অর্থাৎ উৎসেচক যৌগক দ্বারা সম্পূর্ণভাবে সম্পৃক্ত।

4) প্রারম্ভিক অবস্থায় কোন উৎপাদিত বস্তু নেই।

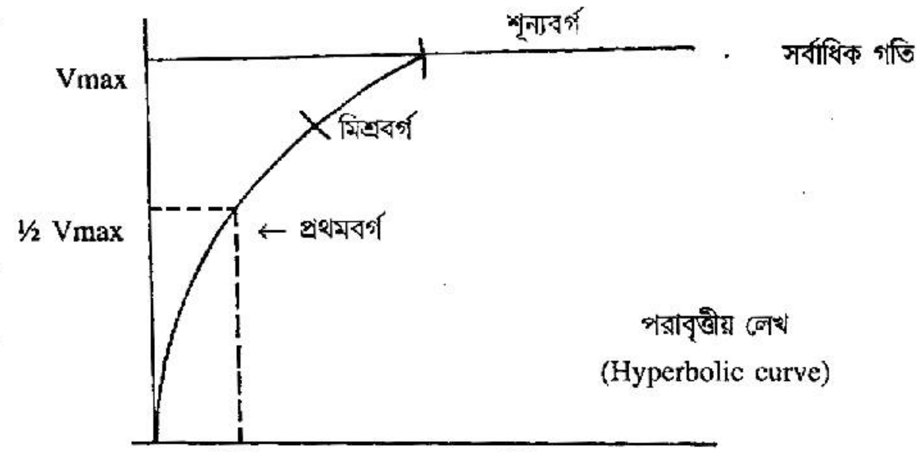
5) উৎসেচক একটি সরল প্রোটীন।

তাহলে বিক্রিয়া গতিবিধি অনুসরণ করলে লেখা যাবে

$$[E]+[S]\underset{k_{-1}}{\overset{K_1}{\Leftrightarrow}}[ES]\underset{k_{-2}}{\overset{k_{+2}}{\Leftrightarrow}}[E]+[P]$$

> [ ] তৃতীয় বন্ধনী দ্বারা ঘনত্ব বোঝানো হয়।
>
> k = বিক্রিয়ার গতির নির্দিষ্ট ধ্রুবক।

এবং যৌগকের ঘনত্ব ও বিক্রিয়ার গতি-র (v) (অর্থাৎ প্রতি একক সময়ে উৎপাদনের পরিমাণ তথা উৎপাদনের হার) লেখচিত্রটি হবে :—



যেকোন সময়ের বিক্রিয়াটির গতি $v = k_2[ES]$ $\therefore [ES] = \frac{V}{k_2}$

আবার, $[ES]$- প্রস্তুতির হার

$$\frac{d[ES]}{dt} = k_{+1}[E][S] + k_{-2}[E][P]$$

$[ES]$-ভেঙে যাওয়ার হার,

$$-\frac{d[ES]}{dt} = k_{+2}[ES] + k_{-1}[ES]$$

সাম্যবস্থায়,

$$\frac{d[ES]}{dt} = -\frac{d[ES]}{dt}$$

$\therefore k_{+1}[E][S] + k_{-2}[E][P] = k_{+2}[ES] + k_{-1}[ES]$

বিক্রিয়ার আরম্ভে $P = O$.

$\therefore k_{+1}[E][S] = k_{+2}[ES] + K_{-1}[ES]$.

অথবা, $k_{+1}[E][S] - k_{-1}[ES] = k_{+2}[ES]$

অথবা, $k_{+1}[E][S] = [ES]\{k_{+2} + k_{-1}\}$

$\therefore \frac{k_{-1} + k_{+2}}{k_{+1}} = \frac{[E][S]}{[ES]}$

অথবা একটি সামগ্রিক ধ্রুবক,

$K_M = \frac{[E][S]}{[ES]}$ $\left[\text{যেখানে, } K_M = \frac{k_{+2} + k_{-1}}{k_{+1}} \right]$

K_M-কে বলা হয় মাইকেলিস্ মেনটেন ধ্রুবক [Michaelis Mentain Constant]

আবার, $[E] = \{[E_T] - [ES]\}$ ($[E_T]$ = উৎসেচকের সম্পূর্ণ ঘনত্ব]

আবার, V_{max}, সর্বাধিক গতি $= k_2[E_T]$

$$\therefore [E_T] = \frac{V_{max}}{k_2}$$

অতএব, $K_M = \frac{\{[E_T] - [E_S]\}[S]}{[ES]}$

অথবা, $\frac{K_M}{[S]} = \frac{[E_T]}{[ES]} - 1$

অথবা, $\frac{K_M}{[S]}+1=\frac{V_{max}/k_{+2}}{v/k_{+2}}$

অথবা, $\frac{K_M+[S]}{[S]}=\frac{V_{max}}{v}$

অথবা, $\frac{v}{V_{max}}=\frac{[S]}{K_M+[S]}$

অথবা, $v=\frac{V_{max}[S]}{K_M+[S]}$

যদি [S] ও K_M ও V_{max} জানা থাকে তবে যে কোন উৎসেচকের যে কোন সময়ের উৎপাদনের হার জানা যাবে উপরিউক্ত সমীকরণটি থেকে।

এই সমীকরণটির নাম মাইকেলিস মেনটেন সমীকরণ (Michaelis-Menten Equation).

ওপরের লেখচিত্রটি থেকে দেখা যায় বিক্রিয়া আরম্ভের সময়ে কিছু সময় পর্যন্ত বিক্রিয়াটি প্রথম বর্গের যেহেতু [S]-এর বৃদ্ধির সঙ্গে সরলরৈখিক বৃদ্ধি হয়েছে বিক্রিয়ার হারের। বিক্রিয়ার শেষের দিকের হার [S]-এর ওপর নির্ভরশীল নয় তাই শূন্যবর্গের ও মাঝের সময়টুকু মিশ্রবর্গের।

3.6. K_m ও V_{max} কী ও কেন?

যদি $v=\frac{1}{2}V_{max}$ হয় তবে,

$$\frac{1}{2}V_{max}=\frac{V_{max}\cdot[S]}{K_M+[S]}$$

M

অথবা, $K_M+[S]=2[S]$

অথবা $K_M=[S]$

যদিও K_M তিনটি ধ্রুবকের দ্বারা তৈরী—এর কোন একক থাকার কথা নয় উপরিউক্ত সমীকরণ থেকে [S] এর একক K_M-র জন্য ব্যবহৃত হয়।

[S] অর্থাৎ যৌগকের ঘনত্ব মোল/লিটার অথবা gm/লিটারে প্রকাশিত হয়। অতএব, K_M-এর এককও তাই হবে।

K_M ও V_{max} — কোন একটি উৎসেচকের বৈশিষ্ট্য এবং নির্দিষ্ট একটি তাপমাত্রা ও pH-এ একটি উৎসেচক ও তার একটি যৌগকের জন্য ধ্রুবক।

K_M যৌগকের প্রতি উৎসেচকের আসক্তি বুঝায়। K_M-এর মান কমের অর্থ কম যৌগক অণুতে উৎসেচকটি সম্পৃক্ত হবে এবং ঐ যৌগকের প্রতি উৎসেচকের আসক্তি বেশী।

V_{max}-এর মান কমের অর্থ উৎসেচকটি ঐ যৌগককে খুব সহজে উৎপাদকে পরিণত করতে পারছে না।

3.6. রূপান্তরিত লেখচিত্র :

পরাবৃত্তীয় লেখ থেকে V_{max} নির্ণয় করতে হলে পরাবৃত্তের তির্যক টানতে হয় Y অক্ষ পর্যন্ত। এই অসুবিধা দূর করার জন্য মাইকেলিস মেনটেন সমীকরণের ব্যাস্তানুপাতিক প্রকাশটি হবে,

$$\frac{1}{v}=\frac{K_m+[S]}{V_{max}.[S]}$$

অথবা, $$\frac{1}{v}=\frac{K_m}{V_{max}}.\frac{1}{[S]}+\frac{1}{V_{max}}.\frac{[S]}{[S]}$$

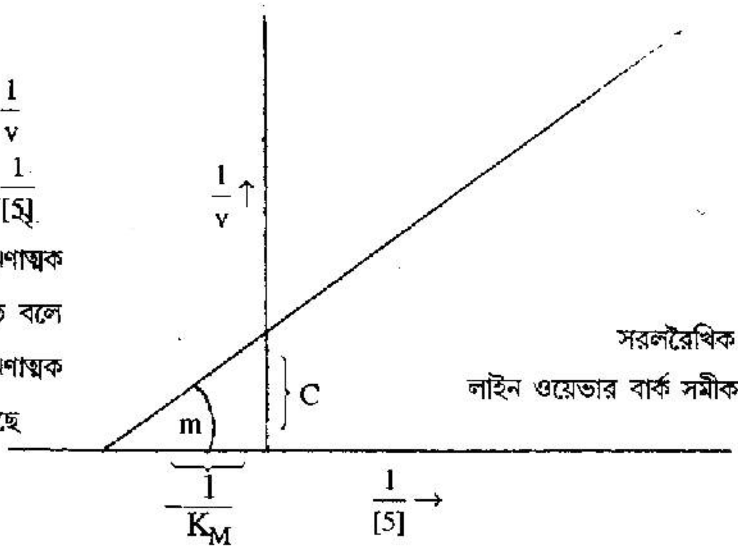
এই সমীকরণের নাম, লাইন ওয়েভার বার্ক সমীকরণ (Line Weaver Berk Equation)।

যেহেতু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও pH একটি নির্দিষ্ট উৎসেচক ও যৌগকের জন্য K_M ও V_{max} ধ্রুবক অথবা উপরিউক্ত সমীকরণটি একটি সরলরেখার সমীকরণ যেটি Y-অক্ষ থেকে C অংশ কেটে নেয়।

যেখানে $y = \frac{1}{v}$

এবং $x = \frac{1}{[S]}$

x অক্ষের ঋণাত্মক দিকে অবস্থিত বলে $\frac{1}{km}$ কে ঋণাত্মক দেখানো হয়েছে



সরলরৈখিক চিত্র বা লাইন ওয়েভার বার্ক সমীকরণ চিত্র

অর্থাৎ $y = mx + c$ [যেখানে m নতি (slope) অর্থাৎ ঐ সরলরেখার $\tan\theta$]

$$m=\frac{K_M}{V_{max}}$$

$$c=\frac{1}{V_{max}}$$

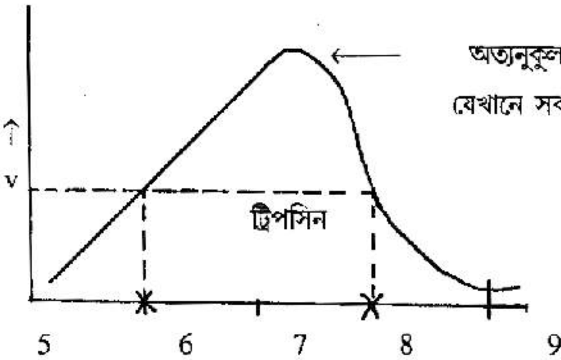
এই সমীকরণ ও এই লেখচিত্র থেকে সরাসরি V_{max} ও K_M হিসাব করা সম্ভব।

3.8. উৎসেচক ক্রিয়ার প্রভাবক :

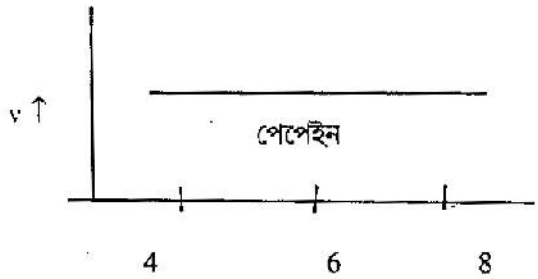
উৎসেচকের ক্রিয়াশীলতা নির্ভরশীল নিম্নলিখিত প্রভাবকগুলির ওপর—

ক) pH-এর প্রভাব :

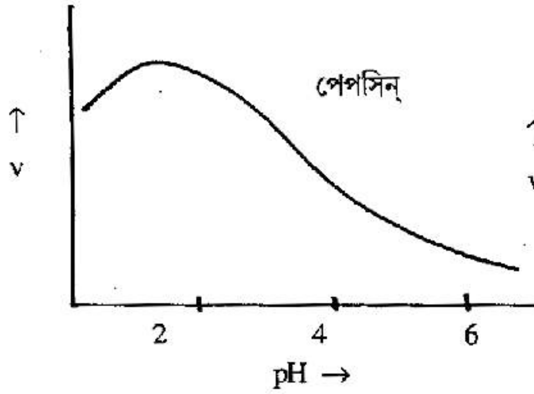
pH ও ক্রিয়াশীলতার একটি লেখচিত্র আঁকলে বেশীর ভাগ উৎসেচকের ক্ষেত্রে ছবিটি হবে নিম্নরূপ :

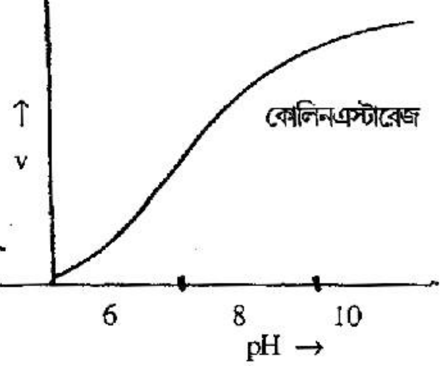


অর্থাৎ 6 থেকে 8-এর মধ্যে যখন pH তখন ক্রিয়াশীলতা আছে কিন্তু pH = 5 যখন তখন উৎসেচকটি ক্রিয়াশীল নয়। আবার যখন pH = 9 তখনও উৎসেচকটি ক্রিয়াশীল নয়। pH খুব কম বেশী থাকলে জলে দ্রবণীয় উৎসেচকটির ত্রিমাত্রিক গঠনে পরিবর্তন আসে এবং তখন উৎসেচকটি যৌগককে বাঁধতে পারে না অথবা মিশতেই পারে না। তাই ক্রিয়াশীলতা কম দেখা যায়, আবার কোন কোন উৎসেচক থাকে যার ক্রিয়াশীলতা pH-এর ওপর নির্ভরশীল নয়, যেমন— পেপেয়িন (papain)।



আবার, পেপসিন্ কম pH-এ ক্রিয়াশীলতা দেখায় আর কোলিন এস্টারেজ বেশী pH-এ ক্রিয়াশীলতা দেখায় যেমন—

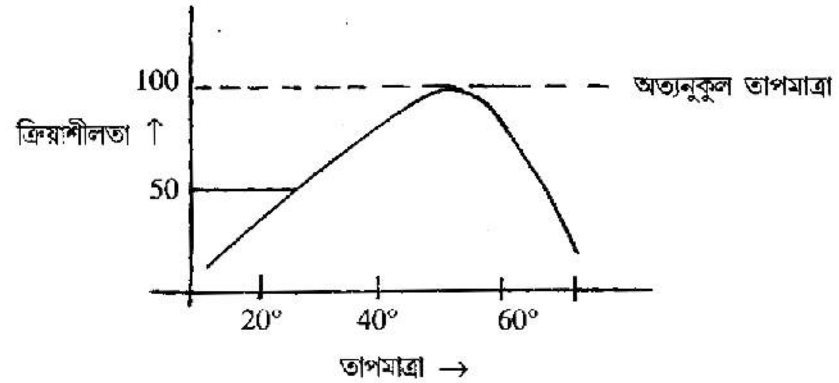




সব উৎসেচকেরই একটি অত্যানুকুল pH আছে যা— সাধারণতঃ জীবিত কোষের পরিবেশের pH-র কাছাকাছি।

খ) উষ্ণতার প্রভাব :

সাধারণতঃ pH-এর মত উষ্ণতার সঙ্গেও উৎসেচকের ক্রিয়াশীলতার একটি সম্পর্ক আছে। কম তাপমাত্রায় উৎসেচক ও যৌগক যথেষ্ট গতিশক্তির অধিকারী হয় না বলে ও বেশী তাপমাত্রায় উৎসেচকের হাইড্রোজেন বন্ধনী ইত্যাদি খুলে যাওয়ায় যে ত্রিমাত্রিক আকৃতি গঠিত হয় তা যৌগককে বাঁধতে পারে না অথবা যৌগকের ওপর কাজ করতে পারে না, তাই ক্রিয়াশীলতা কম দেখা যায়। অত্যানুকুল তাপমাত্রাও উৎসেচক অনুযায়ী বিভিন্ন হয়, তবে অধিকাংশ উৎসেচকই 60°C-তে ক্রিয়াহীন হয়ে যায়।



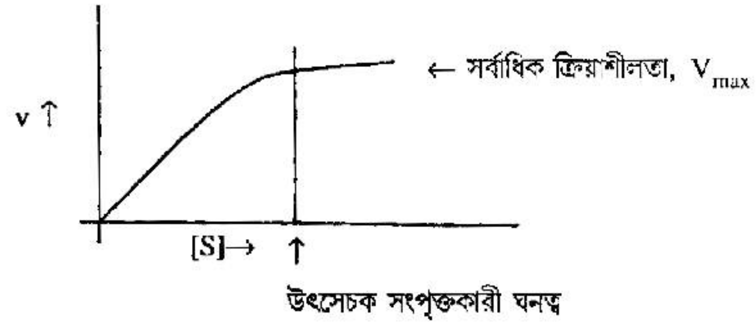
বেশীর ভাগ উৎসেচকের ক্ষেত্রে 20°C তাপমাত্রা থেকে 10°C বাড়ালে অথবা 30°C তাপমাত্রা থেকে 10°C বাড়ালে উৎসেচকের ক্রিয়াশীলতা দ্বিগুণ হয়ে যায় অর্থাৎ তাপমাত্রা সহগ (Q_{10}) মোটামুটি ভাবে 2।

কিছু ব্যাকটেরিয়া উচ্চ তাপমাত্রায় বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ থার্মোফিলিক ব্যাকটেরিয়া— তাদের উৎসেচক 80°-90°C তাপমাত্রাতেও ক্রিয়াশীল থাকে।

কোন কোন উৎসেচক উচ্চ তাপমাত্রায় ক্রিয়াশীলতা হারালেও তাপমাত্রা কমালে আবার ক্রিয়াশীলতা ফিরে পায়। সেক্ষেত্রে, উৎসেচক উচ্চ তাপমাত্রায় তার ত্রিমাত্রিক গঠন নষ্ট হলেও তাপ মাত্রা কমালে স্বতঃস্ফূর্তভাবে পূর্বের ত্রিমাত্রিক গঠনে ফিরে আসতে পারে।

গ) যৌগকের ঘনত্ব :

যৌগকের ঘনত্ব যদি উৎসেচককে সংপৃক্ত করে তাহলে সর্বাধিক ক্রিয়াশীলতা পাওয়ার সম্ভাবনা আছে।



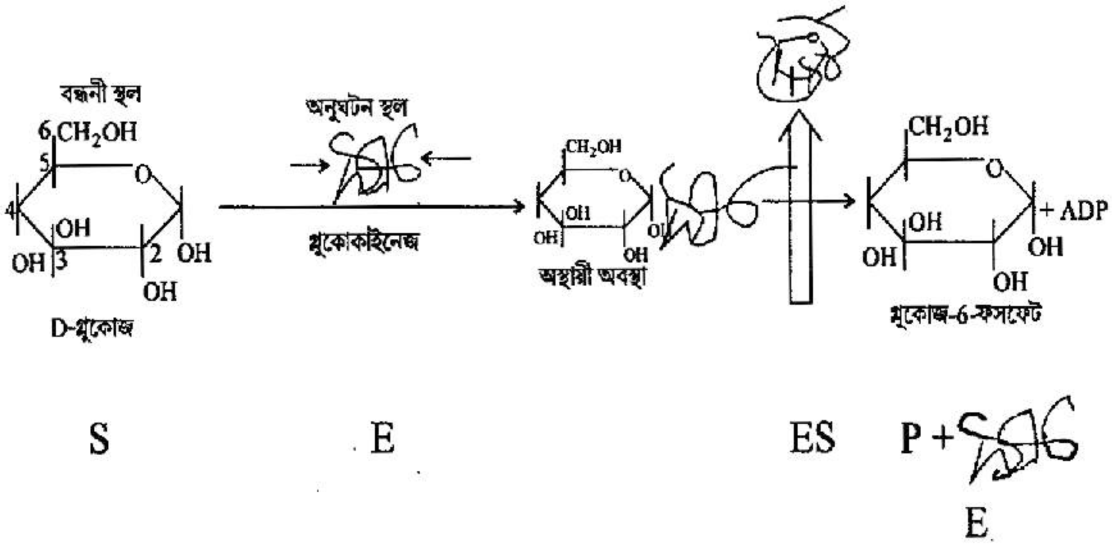
ঘ) সহউৎসেচক, ধাতুমূলক ইত্যাদির যথাযথ উপস্থিতি।

3.9. উৎসেচকের কার্যপ্রণালী

উৎসেচকের কার্যপ্রণালী দুইভাগে ভাগ করা যেতে পারে—

১) তালাচাবিপদ্ধতি (Lock & key model) :

একটি তালা খুলবার জন্য যেমন একটি নির্দিষ্ট চাবি ও চাবিতে তৈরী খাঁজগুলি প্রয়োজনীয় তেমনি একটি উৎসেচকের সঙ্গে একটি যৌগকের বিক্রিয়ার জন্য উৎসেচকের ত্রিমাত্রিক গঠনের পৃষ্ঠতলে এমনই খাঁজ থাকা দরকার যেখানে তার জন্য নির্দিষ্ট একটি যৌগকের ত্রিমাত্রিক গঠন সম্পূর্ণ খাঁজে খাঁজে মিলে যায়।— ঐ অংশটিকে বলা যেতে পারে বন্ধনী স্থল (binding site)। উদা :



ঐ উৎসেচকের খাঁজে যৌগকটি জায়গা পেলে উৎসেচেকর ত্রিমাত্রিক গঠনে পরিবর্তিত হয়ে এমন হয় যাতে উৎসেচকের যে অংশটি অনুঘটন-এর জন্য দায়ী সেই অংশ ও যৌগকটি পাশাপাশি অবস্থান করে। ঐ অনুঘটন স্থল (Catalytic site) যৌগকের ওপর ক্রিয়া করে যৌগকটি প্রয়োজনীয় উৎপাদকে পরিবর্তিত হয় এবং উৎসেচক আগের অবস্থায় ফিরে যায়। এই স্থলে অঙ্কে অনুঘটকের সঙ্গে উৎসেচকের কার্যপ্রণালীতে অনেক পার্থক্য আছে।

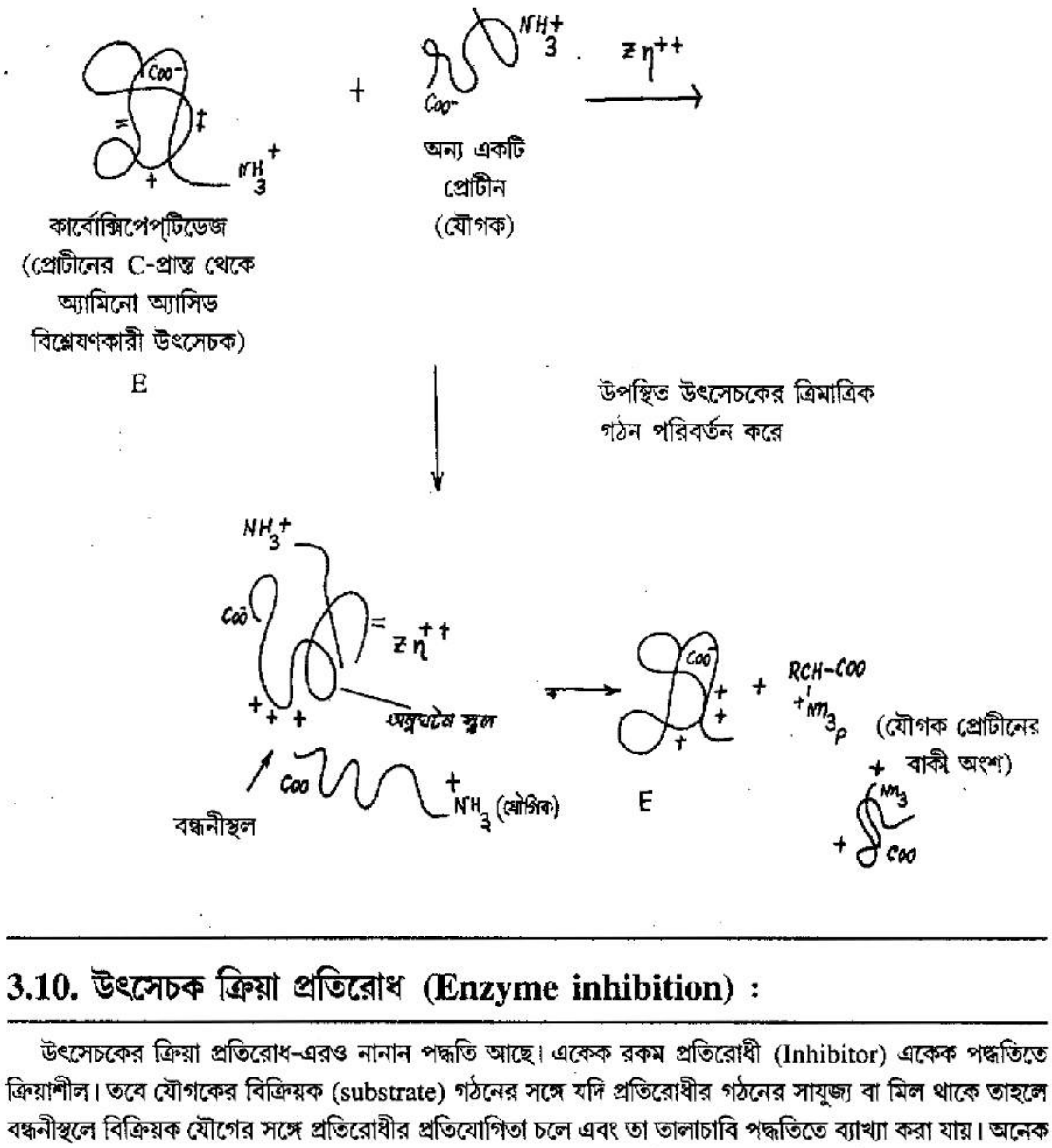
উৎসেচকটি এতটাই যৌগক নির্দিষ্ট যে এটা শুধুমাত্র D-গ্লুকোজের ওপরেই কাজ করবে— L-গ্লুকোজের ওপরে নয়— এইটি একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়।

2) আবিষ্ট প্রযোজ্য গঠন পদ্ধতি (Induced fit model) :

সাধারণতঃ যৌগকে যদি তড়িতাধান থাকে তাহলে ঐ তড়িতাধানের প্রভাবে উৎসেচক একটি প্রোটীন হওয়ায় তার তড়িতাধানের উপস্থিতি হয় আকৃষ্ট হয় অথবা বিকর্ষিত হয়— সেই প্রভাবে উৎসেচেকের ত্রিমাত্রিক গঠন পরিবর্তত হয় ও যৌগকের সঙ্গে তড়িৎ আকর্ষণ জনিত নৈকট্য জন্মায়। এরপরে অনুঘটন স্থল ঐ যৌগকের ওপরে ক্রিয়া করে

উৎপাদিত পদার্থ সৃষ্টি করে। যৌগকের অনুপস্থিতিতে উৎসেচক পুনরায় নিজের পূর্ববর্তী অবস্থায় ফিরে যায়।

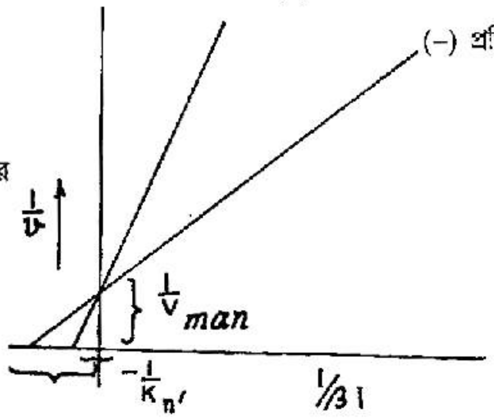
উদা :



3.10. উৎসেচক ক্রিয়া প্রতিরোধ (Enzyme inhibition) :

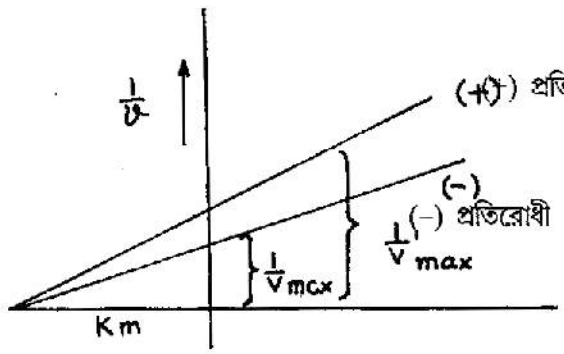
উৎসেচকের ক্রিয়া প্রতিরোধ-এরও নানান পদ্ধতি আছে। একেক রকম প্রতিরোধী (Inhibitor) একেক পদ্ধতিতে ক্রিয়াশীল। তবে যৌগকের বিক্রিয়ক (substrate) গঠনের সঙ্গে যদি প্রতিরোধীর গঠনের সাযুজ্য বা মিল থাকে তাহলে বন্ধনীস্থলে বিক্রিয়ক যৌগের সঙ্গে প্রতিরোধীর প্রতিযোগিতা চলে এবং তা তালাচাবি পদ্ধতিতে ব্যাখ্যা করা যায়। অনেক সময় অন্য চাবি দিয়েও তালা খোলা যায়। সেক্ষেত্রে অন্য চাবিটির সঙ্গে সঠিক চাবিটির খাঁজের গঠনে মিল পাওয়া যায়। এক্ষেত্রেও যৌগক ও প্রতিরোধী একই রকম গঠনের হলে দুটিই উৎসেচকের বন্ধনীর স্থলে যেতে চায় ও প্রতিযোগিতায় আসল যৌগকের সঙ্গে বিক্রিয়া কম হয়ে যায়— অর্থাৎ যতটা হওয়ার কথা ছিল ততটা হয় না। তখন যৌগকের পরিমাণ

বাড়িয়ে দিলে প্রতিরোধীকে রোধ করা যায়। অর্থাৎ $\frac{1}{2}V_{max}$-এর জন্য আরও বেশী বিক্রিয়ক যৌগক লাগবে অর্থাৎ যৌগকের প্রতি উৎসেচকের আসক্তি কমে যাবে অর্থাৎ K_M-এর মান বেড়ে যাবে। লাইন ওয়েভার বার্ক লেখ দিয়ে প্রকাশ করলে হবে :



একে বলে প্রতিযোগিতামূলক প্রতিরোধ (Competitive Inhibition)।

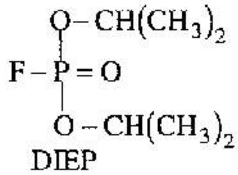
আবার অনেক সময় প্রতিরোধী বিক্রিয়কের যৌগকের গঠনের সঙ্গে কোন সাদৃশ্য থাকে না। এই সমস্ত প্রতিরোধী সাধারণতঃ উৎসেচকের সঙ্গে বিক্রিয়ক যৌগকের সমন্বয় বন্ধ করতে পারে না। কিন্তু উৎসেচকটি বিক্রিয়া ঘটাতে প্রতিরোধ করে। এইসব প্রতিরোধীকে অপ্রতিযোগী প্রতিরোধী (Non-competitive Inhibitor) বলে। লাইন ওয়েভার-বার্ক লেখ চিত্রে প্রকাশ করলে দেখা যাবে K_M পরিবর্তিত হয় না। কিন্তু V_{max} পরিবর্তিত হয়। এক্ষেত্রে বেশী বিক্রিয়ক যৌগক ব্যবহার করলেও পুরো V_{max} পাওয়া সম্ভব নয়।



Malonate $CH_2\langle^{COOH}_{COOH}$; সাকসিনেট-এর $\begin{matrix}CH_2.COOH\\|\\CH_2.COOH\end{matrix}$ সঙ্গে গঠন সাদৃশ্য থাকায় ইহা সাকসিনিক ডিহাইড্রোজিনেসের প্রতিযোগী প্রতিরোধী।

$$\begin{matrix}CH_2.COOH\\|\\CH_2.COOH\end{matrix} + FAD \rightleftharpoons \begin{matrix}CH_2COOH\\\|\\CH.COOH\end{matrix} + FADH_2$$

কিন্তু ডাই আইসোপ্রোপাইল ফ্লুরো ফসফেট (DIFP), কাইমোট্রিপসিন উৎসেচকের অপ্রতিযোগী প্রতিরোধী কেননা DIEP সঙ্গে বিক্রিয়ক যৌগকের গঠনের কোন সাদৃশ্য নেই,

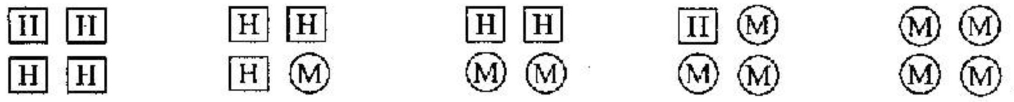


DIEP

3.11. আইসোজাইম (Isozyme) :

একটি উৎসেচক— বিভিন্ন কারণে বিভিন্ন গঠনে থাকতে পারে— বিভিন্ন অত্যানুকুল pH-ও তাপমাত্রায় বিভিন্ন কাজ করলেও একই যৌগকের ওপর একই ধরনের কাজ করে একই পদার্থ উৎপন্ন করে। ইহাদের আইসোজাইম (Isozyme) বলা হয়।

ল্যাকটিক ডিহাইড্রোজিনেস (LDH) উৎসেচকের পাঁচ রকমের আইসোজাইম আছে। এই উৎসেচক চারটি পেপটাইড দ্বারা গঠিত। হৃদকোষে যে LDH আছে তাহা চারটি একরই ধরনের পেপটাইট (H ধরন) দ্বারা গঠিত। আবার পেশী কোষে যে LDH আছে তাহা অন্য চারটি (M ধরন) পেপটাইড দ্বারা গঠিত। কিন্তু অন্য কোষে যে LDH উৎসেচক তাহাদের মধ্যে উভয়ের ধরনের পেপটাইডের ফলে LDH এর পাঁচটি আইসোজাইম আছে।



H_4	H_3M	H_2M_2	HM_2	M_4
(হৃদকোষে আছে)				(পেশীকোষে আছে)

3.12. জাইমোজেন (Zymogen) :

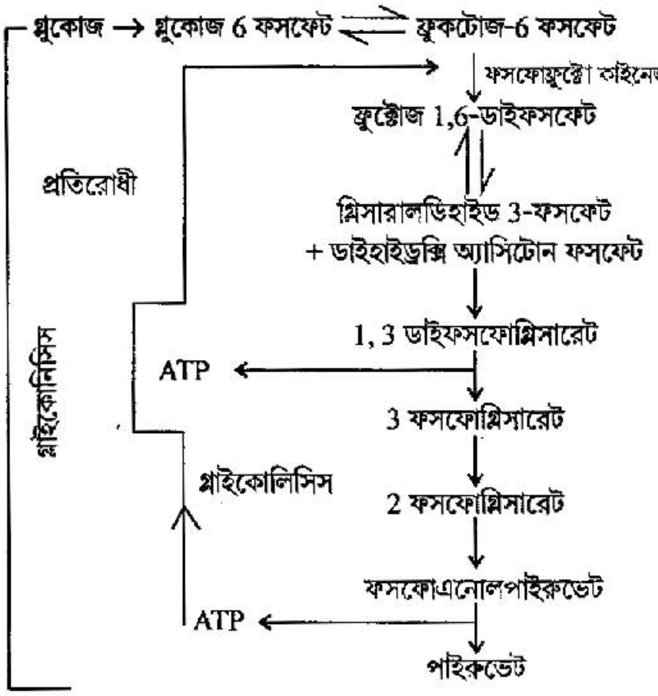
পেপ্সিন একটি প্রোটীন বিশ্লেষণকারী উৎসেচক কিন্তু এটি যে অবস্থায় সৃষ্টি হয় তা আকারে বড় ও বেশী সংখ্যক অ্যামিনো অ্যাসিডযুক্ত। এই অবস্থায় উৎসেচকটি ক্রিয়াশীল নয়। এই অবস্থাটিকে বলা হয় জাইমোজেন। এই পেপসিনোজেনের N-প্রান্ত থেকে 42টি অ্যামিনো অ্যাসিড ছেঁটে বাদ দিয়ে দিলে তবে ক্রিয়াশীল পেপসিন পাওয়া সম্ভব। তাহলে দেখা যাচ্ছে কিছু কিছু উৎসেচক যে অবস্থায় সৃষ্টি হয়, সেই অবস্থায় কার্যক্ষম নয়। এই রূপকে উৎসেচকটির Zymogen রূপ বলা হয়।

3.13. অ্যালোস্টেরিক উৎসেচক (Allosteric enzyme) :

যদি বহু উৎসেচক ও ক্রমান্বয়ে যৌগক ও তার উৎপন্ন পদার্থ একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার শ্রেণী সৃষ্টি করে এবং ঐ শ্রেণীর কোন একটি যৌগক অথবা শেষ উৎপন্ন বস্তুটি যদি ঐ শ্রেণীর প্রথম দিককার কোন উৎসেচকের প্রতিরোধী/সাহায্যকারী হয় যাতে প্রয়োজনে তা উৎসেচকের কাজ তথা ঐ শ্রেণীর কাজ বন্ধ করে দিতে পারে তবে ঐ উৎসেচকটিকে

অ্যালোস্টেরিক উৎসেচক বলা হয়। এই উৎসেচকগুলি সাধারণতঃ অনেকগুলি পেপটাইডের সমাহার হয় এবং এই পেপটাইডগুলি একই ধরনের নয় (গ্রীক ভাষায় *allo* অর্থ আলাদা)।

প্রতিরোধী অণু = ঋণাত্মক পরিবর্তনকারী
সাহায্যকারী অণু = ধনাত্মক পরিবর্তনকারী।



এই সমগ্র গ্লাইকোলিসিসে উৎপন্ন পদার্থ ATP ফসফো-ফ্রুক্টোকাইনেজকে প্রতিরোধ করে, ফ্রুক্টোজ 1,6 ডাইফসফেট থেকে সমগ্র বিক্রিয়া বন্ধ করে দিতে পারে। তাই উল্লিখিত উৎসেচকটি অ্যালোস্টেরিক।

3.14. উৎসেচকের ক্রিয়াশীলতার একক :

সংজ্ঞা হিসাবে উৎসেচকের ক্রিয়াশীলতার একক ধরা হয় যে পরিমাণ উৎসেচক 1 মাইক্রোমোল (1 μmole, 10^{-6} mole) যৌগককে উৎপন্ন পদার্থে পরিণত করতে পারবে অথবা 1 মাইক্রোমোল উৎপন্ন পদার্থ দিতে পারবে একই অবস্থায় 1 মিনিটে 25°C তাপমাত্রায়। সমগ্র ক্রিয়াশীলতা বা total activity বলতে আমরা বুঝি যে কোন একটি ক্ষেত্রে যত একক উৎসেচক আছে।

একইরকম যতগুলি একক 1 মিলিগ্রাম প্রোটীনে থাকবে তা ঐ উৎসেচকের নির্দিষ্ট ক্রিয়াশীলতা বা স্পেসিফিক অ্যাকটিভিডি (specific activity)।

$$\text{তাহলে স্পেসিফিক অ্যাকটিভিটি} = \frac{\text{যত মাইক্রোমোল পদার্থ উৎপন্ন হল}}{\text{মোট মিলিগ্রাম প্রোটীন}} / \text{মিনিট, 25°C তাপমাত্রায়}$$

সমগ্র ক্রিয়াশীলতা এবং নির্দিষ্ট ক্রিয়াশীলতা দুটি ধর্মই সমান প্রয়োজন। পরীক্ষা পদ্ধতির উপর নির্ভর করে তা ব্যবহার করা হয়।

আণবিক ক্রিয়াশীলতা বা মলুক্যুলার অ্যাক্টিভিটি (Molecular activity) বা টার্ন ওভার নাম্বার (Turn over number)-এর সংজ্ঞা হল যতগুলি সংখ্যক যৌগিক অণু 1 মিনিটে পরিবর্তিত হবে একটি উৎসেচক অণু দ্বারা 25°C তাপমাত্রায়।

$$\therefore \text{আণবিক ক্রিয়াশীলতা} = \frac{\text{নির্দিষ্ট ক্রিয়াশীলতা}}{\text{উৎসেচকের আণবিক ওজন}}$$

কার্বনিক অ্যানাইড্রেজের আণবিক ক্রিয়াশীলতা সবথেকে বেশী = 36,000,000 প্রতি মিনিটে প্রতি অণুতে।

উৎসেচকের ক্রিয়াশীলতার আন্তর্জাতিক একক যা এনজাইম কমিশন জানিয়েছে তা হল, উৎসেচকের যে ক্রিয়াশীলতা 1 সেকেন্ডে 1 মোল যৌগকে পরিবর্তিত করতে পারে তাকে 1 ক্যাটাল (Katal) বলা হবে।

তাহলে, v বা V_{max}-কে উপরিউক্ত এককগুলির দ্বারা প্রকাশ করা হবে।

3.15. সহউৎসেচক :

সহউৎসেচকগুলির উৎপত্তি ভিটামিন (Vitamin) থেকে। ভিটামিন শব্দটির উৎপত্তি আবার 'ভাইটাল অ্যামিন' (Vital amine) অর্থাৎ প্রাণ রক্ষার্থে বিশেষ জরুরী কিছু অ্যামিন এমনই একটি ধারণা থেকে। কারণ, প্রথম ভিটামিনটি আবিষ্কৃত হয় 'বেরিবেরি' রোগের কারণ খুঁজতে গিয়ে এবং দেখা যায় 'বেরিবেরি' রোগ সারাতে পারে এমন একটি জৈব যৌগ বা শস্যের খোসায় থাকে এবং তা আসলে একটি রাসায়নিক অ্যামিন। পরবর্তীকালে অবশ্য দেখা যায় যে সব ভিটামিনগুলিই অ্যামিন নয়।

1887 সালে প্রথম বেরিবেরি রোগ ধরা পড়ল জাপানী নাবিকদের মধ্যে। ওরা অনেকদিন ধরে আতপচালের ভাত খাচ্ছিল। বেরিবেরি রোগে হাত-পায়ের পেশীগুলির মধ্যে কাজের সামঞ্জস্য থাকে না।

1907 সালে পরীক্ষামূলকভাবে গিনিপিগের ওপর স্কার্ভি রোগ তৈরী কর হল এবং তা সারানো হল টাটকা ফল খাইয়ে।

1880 সালে লুনিন (Lunin) দেখালেন দুধে যে খাদ্যদ্রব্য আছে তা বিশুদ্ধ অবস্থায় আলাদাভাবে ইঁদুরকে খাওয়ালে ইঁদুর 1 মাসের মধ্যে মরে যায় অথচ দুধ খাওয়ালে সুস্থ শরীরে বেঁচে থাকে।

হপ্‌কিন্সও (Hopkins)— ইংলন্ডে একইরকম পরীক্ষা করে এই উপসংহারে পৌঁছালেন যে, দুধে আরও কিছু জরুরী খাদ্যবস্তু খুব কম পরিমাণে আছে যাদেরকে শরীরের প্রাণরক্ষার জন্য ভীষণভাবে দরকার।

1912 সালে ফাঙ্ক (Funk) এমনই একটি বস্তুকে বিশুদ্ধভাবে পৃথক করলেন খাদ্যদ্রব্য থেকে এবং দেখা গেল সেটি একটি অ্যামিন এবং তখনই Vitamine শব্দটির উৎপত্তি। পরবর্তীকালে Vitamin করা হল যেহেতু সকলেই অ্যামিন (amine) নয়।

পরবর্তী পৃষ্ঠায় একটি তালিকা দেওয়া হল— যাতে থাকবে— ভিটামিন, তা থেকে সহউৎসেচক উৎপাদিত, সহউৎসেচকটি কোন উৎসেচককে সহায়তা করে থাকে, কোন খাদ্যবস্তুতে ঐ ভিটামিনটি পাওয়া যায় এবং ঐ খাদ্যবস্তু বা ভিটামিনের অভাবে কি রোগ হতে পারে তার সংক্ষিপ্ত তথ্যপঞ্জী—

ভিটামিন	সহ উৎসেচকের রূপ ও নাম	উৎসেচকের নাম ও কাজ	উৎস খাদ্যবস্তু	অভাবজনিত রোগ
জলে দ্রবণীয় : থায়ামিন (ভিটামিন B_1)	থায়ামিন পাইরোফসফেট (TPP)	ট্রান্সকিটোলেজ –CHO মূলক বহনকারী	শস্যের বাইরের খোসায় (Seed Coat), আতপ চালে খোসার সঙ্গে চলে যায়, সেদ্ধ চালে সেদ্ধ করার ফলে ভিতরে ঢুকে যায়, ডাল ও বাদামে প্রচুর পরিমাণে আছে।	বেরিবেরি, স্নায়ু ও পেশীর দুর্বলতা, পেশীর ক্ষয়, পক্ষাঘাত, হৃদপিণ্ডের দুর্বলতা।
রাইবোফ্লাভিন (ভিটামিন B_2)	ফ্লাভিন মনোনিওক্লিউটাইড (FMN), ফ্ল্যাভিন অ্যাডেনিন ডাইনিউক্লিওটাইড (FAD)	সাক্সিনেট ডিহাইড্রোনেজ –H পরমাণু (ইলেকট্রন) বহন করা	অঙ্কুরিত ছোলা, অঙ্কুরিত ডাল, দুধ, ডিমের কুসুম	ঠোঁট ও মুখগহ্বর লাল হয়ে থাকে, জ্বালা করে, ঠোঁটের দুপাশে কেটে যায়, ঠোঁট ফোলে ও ফেটে যায়।
নিকোটিনিক অ্যাসিড	নিকোটিনামাইড অ্যাডেনিন ডাইনিওক্লিওটাইড (NAD)*, নিকোটিনামাইড অ্যাডেনিন ডাইনিউক্লিওটাইড ফসফেট (NADP)*	ল্যাকটেট ডিহাইড্রোজিনেজ, গ্লিসারল ডিহাইড ফসফেট ডিহাইড্রোজিনেজ – H পরমাণু (ইলেকট্রন) বহন করা	ইস্ট, লিভার, কিডনি	পেলেগ্রা, আমাশয়, স্মৃতিশক্তি লোপ, চর্মরোগ, মানসিক অসুস্থতা।
প্যান্টোথেনিক অ্যাসিড	কোএনজাইম-এ (HSCoA)	অ্যাসাইল –SCoA– সিন্দুজ অ্যাসাইল (acyl) গ্রুপ বহন করা	সাধারণের খাদ্যে যথেষ্ট পরিমাণে আছে।	অভাবজনিতক রোগের কোন তথ্য নেই।
পিরিডক্সিন (ভিটামিন B_6)	পিরিডক্সাল ফসফেট	অ্যামিনো ট্রান্সফারেজ –NH_2 গ্রুপ বহন করা	সবরকমের উদ্ভিজ ওপ্রাণিজ খাদ্যে আছে।	খিঁচুনি, চর্মরোগ, অস্বাভাবিক EEG।

ভিটামিন	সহ উৎসেচকের রূপ ও নাম	উৎসেচকের নাম ও কাজ	উৎস খাদ্যবস্তু	অভাবজনিত রোগ
বায়োটিন	বায়োসাইটিন	কার্বোক্সিলেজে, কার্বোক্সিল গ্রুপ বহন করা	ইস্ট, লিভার, কিডনি	রক্তাল্পতা তৈরী হয়, কাঁচা ডিম খেলে অ্যাভিডিন নামক প্রোটীন বায়োটিনকে পৌষ্টিকনালীতে শোষণে বাধা দেয়।
ফোলিক অ্যাসিড	টেট্রাহাইড্রোফোলিক অ্যাসিড (FH_4)	ট্রান্সমিথিলেজ, একটি কার্বনযুক্ত গ্রুপ— যেমন $-CH_3$, $-CH_2OH$, $-HCHO$ বহন করা।	শাকসব্জী, উদ্ভিজ্জ খাদ্যে	মেগালোব্লাস্টি অ্যানিমিয়া, আমাশয়, বদহজম।
ভিটামিন B_{12}	কোএনজাইম (B_{12}) (সায়ানোকোবালঅ্যামিন)	র‍্যাসিমেজ 1,2-নম্বর কার্বনের মধ্যে কোন মূলক স্থানান্তরিত করা।	প্রাণিজ খাদ্যে, উদ্ভিদে থাকে না, তাই নিরামিষাসিদের অনেক সময় অভাবজনিত রোগ হয়।	পার্নিসাস্ অ্যানিমিয়া
লাইপোয়িক অ্যাসিড	লাইপোলাইসিন	ডাইহাইড্রোলাইপোলাইল ট্রান্স অ্যাসিটাইলেজ হাইড্রোজেন এবং অ্যাসাইল গ্রুপ বহন করা।		
অ্যাসকরবিক অ্যাসিড (ভিটামিন C)		লাইসিন হাইড্রক্সিলেজ, প্রোলিন হাইড্রক্সিলেজ, $-OH$ গ্রুপ বহন করা	ফল (সাইট্রাস), পেয়ারা	স্কার্ভি, দাঁতের গোড়া থেকে রক্তপাত হয়, কোলাজেন ঠিকমত তৈরী হয় না।

ভিটামিন	উৎস খাদ্যবস্তু	ক্রিয়া	অভাবজনিত রোগ
ফ্যাটে দ্রবণীয় : **জলে দ্রবণীয় নয়। এরা সহ উৎসেচক হিসাবে কাজ করে না**— করে অন্যভাবে। ভিটামিন–A রেটিনল	গাজর, টমেটো, পাকা পেঁপে, কুমড়ো — লাল হলুদ খাদ্যবস্তু	রডকোষের অপসিন নামক প্রেটীনের সঙ্গে রোডোপসিন তৈরী করে যা আলোক সংবেদনশীল ও দৃষ্টিশক্তির জন্য দায়ী	রাতকানা, জেরোপ থ্যালমিয়া, শুষ্ক চক্ষু, কেরাটোম্যালাসিয়া— কর্নিয়ায় ত্রুটি, বিটট্ স্পট। অতিরিক্ত থাকলে ভঙ্গুর অস্থি হয়।
ভিটামিন-D কোলেক্যালসিফেরল	UV-দিয়ে শরীরে উপস্থিত কোলোস্টেরল 7-ডিহাইড্রো কোলেস্টরল থেকে তৈরী হয়।	পৌষ্টিক নালীতে ক্যালসিয়াম শোষণে সাহায্য করে— পরোক্ষ ভাবে।	রিকেট— শিশুদের মধ্যে। অস্টিওম্যালাসিয়া, অস্টিওপোরেসিস- বয়স্কদের মধ্যে।
ভিটামিন-E (টোকোফেরল)	তেল জাতীয় যে কোন খাদ্য	অ্যান্টিঅক্সিড্যান্ট	ত্বক খসখসে হয়।
ভিটামিন-K	তেল জাতীয় যে কোন খাদ্য, বাদাম ইত্যাদিতে থাকে।	রক্ত জমাট বাঁধতে সাহায্য করে।	রক্ত জমাট বাঁধতে দেরী হয়।

3.16. খনিজ :

দুইভাগে বিভক্ত করা যায়

1) ম্যাক্রো— যা অনেক পরিমাণে লাগে

2) মাইক্রো— যা অল্প পরিমাণে লাগে, অতিরিক্ত থাকলে শরীরের ক্ষতি করে।

নীচে মৌলগুলির কাজ বর্ণনা করা হল :

মৌল	ক্রিয়া
ক্যালসিয়াম (Ca)	অস্থির প্রধান উপাদান; স্নায়ু ও পেশীর কার্য নির্বাহকারী উপাদান, কয়েকটি উৎসেচক যেমন Ca^{2} ATP-ase-এর কার্য নির্বাহে প্রয়োজনীয়।
ফসফরাস (P)	অস্থির একটি বিশেষ উপাদান, প্রোটীন ও নিউক্লিক অ্যাসিডেরও অন্যতম উপাদান, প্রাণ রাসায়নিক বিক্রিয়ার শক্তির উৎস ফসফেট অণু, নানা জৈব ফসফেট অণু আছে তন্মধ্যে বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য ATP ও ADP.
ম্যাগনেসিয়াম (Mg)	অধিকাংশ ফসফেট সম্বলিত অণুর স্থায়ীত্বের জন্য Mg^{+2}-এর প্রয়োজন হয়। অনেক উৎসেচকের কার্যনির্বাহে সহায়তা করে থাকে।
সোডিয়াম (Na)	মস্তিষ্ককোষের ও স্নায়ুর সকল রকমের উত্তেজনা বহনকারী ধাতু; Na^{+} ও K^{+}-এর ঠিকঠাক ঘনত্বের ওপরে স্নায়ুর কাজ নির্ভর করে। অনেক উৎসেচকের সাহায্যকারী। কোষের অভিস্রবণ চাপ ঠিক রাখাও এর কাজ।
ক্লোরিন (Cl)	স্নায়ুর উত্তেজনা বহনে ও পৌষ্টিক নালীতে আম্লিক অবস্থা নির্ণয় এর কাজ।
পটাসিয়াম (K)	স্নায়ু ও পেশীতে উত্তেজনা বহনে ও কোষের অভিস্রবন চাপ ঠিক রাখার বিষয়ে সোডিয়ামের সঙ্গে একসঙ্গে কাজ করে। অনেক উৎসেচকের ক্রিয়ায় সাহায্যকারী।
সালফার (S)	অনেক প্রোটীন ও কার্বোহাইড্রেটের, উপাদান; অনেক ভিটামিনেও আছে। অ্যান্টিঅক্সিড্যান্ট গ্লুটাথায়নে আছে।
আয়রন (Fe)	হিমোগ্লোবিন, মায়োগ্লোবিনে থেকে অক্সিজেন ও অন্যান্য গ্যাস বহন করে। অনেক উৎসেচকের সাহায্যকারী।
মাইক্রো :	
কোবল্ট (Co)	সায়ানোকোবালামিন অর্থাৎ ভিটামিন B_{12}-এর উপাদান।
কপার (Cu)	অনেক অক্সিডেজের সহায়ক ধাতুমূলক। যেমন— অ্যাসকরবিক অ্যাসিড অক্সিডেজ, সাইটোক্রোম অক্সিডেজ।
আয়োডিন (I)	থায়রক্সিন (থায়রয়েড হরমোন)-এর উপাদান।

মৌল	ক্রিয়া
মলিবডেনাম (Mo)	অনেক অক্সিডেজের সহায়ক ধাতুমূলক। যথা— জাজ্থিন অক্সিডেজ।
সেলেনিয়াম (Se)	সালফার অ্যামিনো অ্যাসিডের বিপাক ক্রিয়ার কাজে লাগে ও কয়েকটি উৎসেচকের সহায়ক মৌল। যেমন— গ্লুটায়ন পারক্সিডেজ।
জিঙ্ক (Zn)	অনেক উৎসেচকের সহায়ক ধাতুমূলক। যেমন— কার্বনিক অ্যানহাইড্রেজ, DNA পলিমারেজ।
ম্যাঙ্গানীজ (Mn)	উৎসেচকের সহায়ক ধাতুমূলক। যেমন— কাইনেজের।

3.17. আদর্শ প্রশ্ন :

সংক্ষিপ্ত উত্তরের প্রশ্ন :

1. ক) K_M ও [S]-এর মধ্যে সম্পর্ক কী? যখন $v = V_{max}$-এর 80%?

খ) উৎসেচকের কাজের জন্য নির্দিষ্ট বাফার লাগে কেন?

গ) গরম করলে উৎসেচক ক্রিয়াশীলতা হারায়। কেন?

ঘ) আইসোজাইমের অত্যানুকুল pH আলাদা হতে পারে। কেন?

ঙ) উৎসেচকের পরিমাণ 260 μm তরঙ্গ দৈর্ঘে মাপা সম্ভব। কেন?

সঠিক উত্তরের পাশে (✔) চিহ্ন দিতে হবে।

2. ক) পেলেগ্রা অসুখটি হয়, কারণ—

1) ভিটামিন B_6-এর অভাব

2) বায়োটিন নেই

3) ফোলিক অ্যাসিড কম আছে

4) নায়াসিন-এর অভাব।

খ) পিরিডক্সাল ফসফেট একটি উৎসেচকের সহউৎসেচক—

1) কার্বন ডাই অক্সাইড যোগ করার কাজে

2) জারণ-বিজারণে

3) অ্যামিনো গ্রুপ স্থানান্তরিত করতে

4) ফসফেট গ্রুপ বহন করতে।

৩. ধাতু ও ধাতুর ক্রিয়ার ঠিক মত জোড় তৈরী করতে হবে নীচের তালিকা থেকে—

ক) স্নায়ুর উত্তেজনা বহন করে	1) ম্যাগনেসিয়াম
খ) ATP-র স্থায়ীত্বের জন্য লাগে	2) আয়রন
গ) অক্সিজেন বহন করে	3) সোডিয়াম

ঘ) ভিটামিন B_{12}-এ থাকে — 4) জিঙ্ক

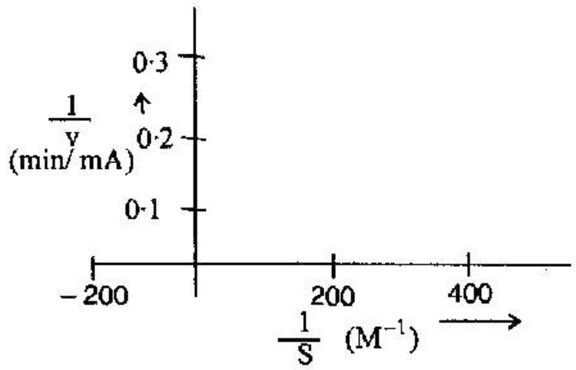
ঙ) DNA পলিমারেজের সহায়ক — 5) কোবাল্ট

বিশদ উত্তরের প্রশ্ন :

1। $A \rightarrow C$

এই বিক্রিয়ার জন্য উৎসেচকের মাইকেলিস মেনটেন সমীকরণটি নির্ণয় করুন।

2। নিম্নবর্তী লেখ হতে কী কী উপসংহারে উপনীত হওয়া যায়?



3। থায়ামিন-এর উৎস, সহউৎসেচকরূপ ও অভাবজনিত রোগ নিয়ে আলোচনা করুন।

4। কয়েকটি ম্যাক্রো ও কয়েকটি মাইক্রো মৌলের প্রয়োজনীয়তা নিয়ে একটি তালিকা প্রস্তুত করুন।

একক 4. □ কার্বোহাইড্রেট, লিপিড ও নিউক্লিক অ্যাসিড

4.1. প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য
4.2. কার্বোহাইড্রেটের শ্রেণীবিন্যাস ও নামকরণ
4.3. মনোস্যাকাইডের রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য
4.4. পরিবর্তিত সুগার
4.5. লিপিডের সংজ্ঞা ও শ্রেণীবিভাগ
4.6. ফ্যাটি অ্যাসিড
4.7. আবশ্যিক ফ্যাটি অ্যাসিড
4.8. অ্যাসাইল গ্লিসারল
4.9. ফসফেলিপিড
4.10. স্ফিঙ্গোলিপিড
4.11. অন্যান্য লিপিড (নবস্যাপোনিফিয়েবল্)
4.12. লিপোপ্রোটীন
4.13. লিপিডের পচন
4.14. কয়েকটি নির্দেশক
4.15. লিপিডের পরিমাণ
4.16. নিউক্লিক অ্যাসিড
4.17. জৈবক্ষার
4.18. নিউক্লিওসাইড
4.19. নিউক্লিওটাইড
4.20. নিউক্লিক অ্যাসিডের শ্রেণীবিভাগ
4.21. DNA
4.22. RNA

4.1. প্রস্তাবনা : ও উদ্দেশ্য :

কতগুলি বায়োঅণু বা প্রাণরসায়ণ অণু নিয়ে বিশদ আলোচনার প্রয়োজন আছে কারণ তাদের ব্যতিরেকে প্রাণ ধারণ অসম্ভব। যেমন—

(ক) কার্বোহাইড্রেট— শারীরিক গঠনে ও শক্তিযোগাতে প্রয়োজন

(খ) লিপিড— শারীরিক গঠনে ও শক্তিযোগাতে প্রয়োজন

(গ) নিউক্লিক অ্যাসিড— বংশগতির ধারক ও বাহক,

এই পর্যায়ে তাই উপরিউক্ত অণুগুলির একটু বিস্তৃত আলোচনা দেওয়া হল।

4.2. কার্বোহাইড্রেট (Carbohydrate)— শ্রেণীবিন্যাস ও নামকরণ :

কার্বোহাইড্রেট বা শর্করাকে এককথায় বলা যেতে পারে পলিহাইড্রক্সি সুগার— অনেকগুলি — OH মূলক আছে এমন একটি কার্বোনিল যৌগ।

সাধারণভাবে, সংকেত ভাবা যেতে পারে $(CH_2O)_n$

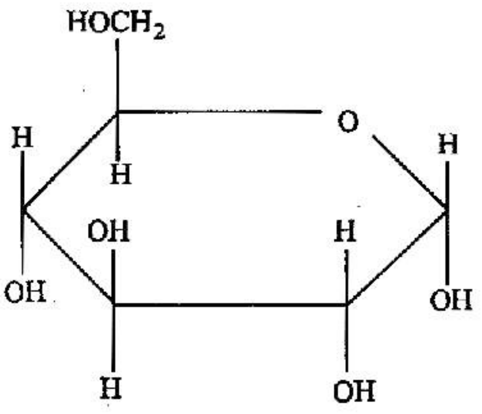
সবথেকে ছোট কার্বোহাইড্রেট যা প্রাণীদেহে পাওয়া গেছে তা হল,

(গ্লিসারলডিহাইড— একটি অ্যালডোজ) HC = O
|
*CHOH
|
CH_2OH

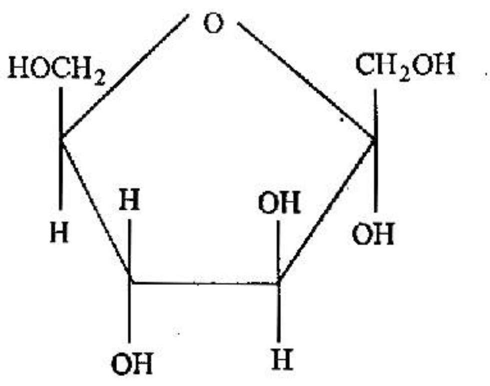
এবং ডাইহাইড্রক্সি অ্যাসিটোন $OH-CH_2-\underset{\|}{\overset{}{C}}-CH_2-OH$ — (একটি কিটোন)
(C-তে =O)

এরা মনোস্যাকারাইড (Monosacharide) নামে পরিচিত।

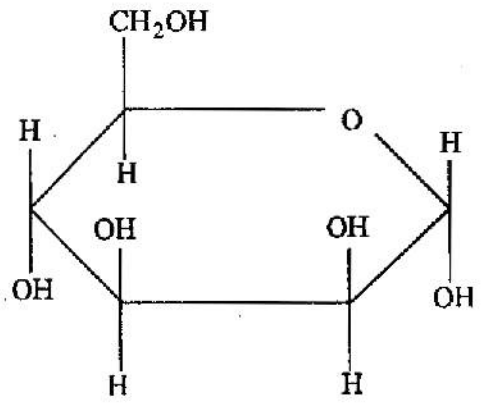
6 টি কার্বন যুক্ত শর্করা যা সাধারণত জীবকোষে পাওয়া যায় তা হল



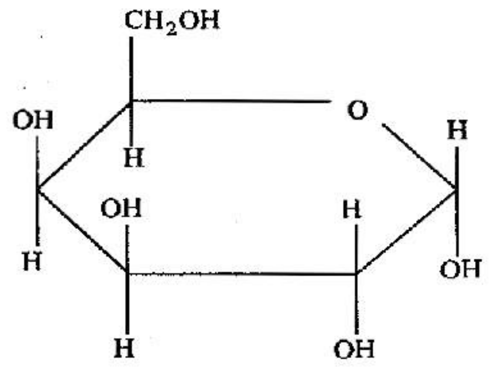
গ্লুকোজ



ফ্রুকটোজ



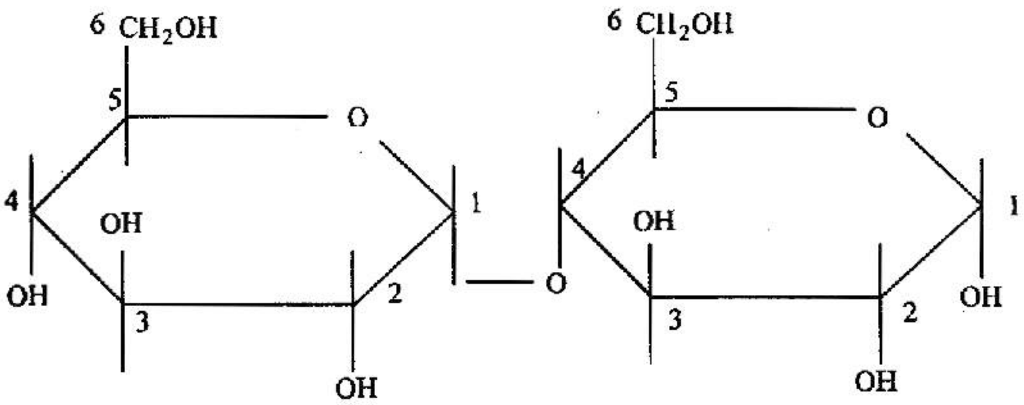
ম্যানোজ



গ্যালাকটোজ

5 টি কার্বন যুক্ত শর্করা রাইবোজ, রাইবুলোজ, জাইলোজ, জাইলুলোজ 4 টা কার্বন যুক্ত শর্করা ইরাইট্রোজ, 7 টি কার্বন যুক্ত শর্করা সোডোহেপটুলোজ জীবকোষে পাওয়া যায়।

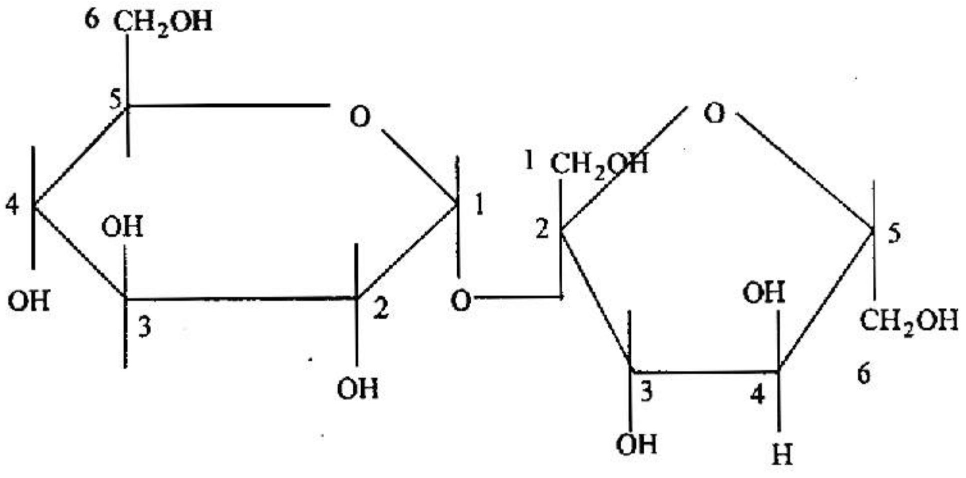
কার্বনটি অ্যাসিমেট্রিক অর্থাৎ চারটি গ্রুপ ঐ কার্বনের সঙ্গে যুক্ত। যদি দুটি কার্বোহাইড্রেট সমযোজী বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে— তবে বলা হয় ডাইস্যাকারাইড (Di sacharide)। যেমন—



OH গ্লুকোজ (1 → 4) গ্লুকোজ

মলটোজ— (দুটি গ্লুকোজ 1,4- বন্ধনী দ্বারা যুক্ত)
— মল্টে থাকে।

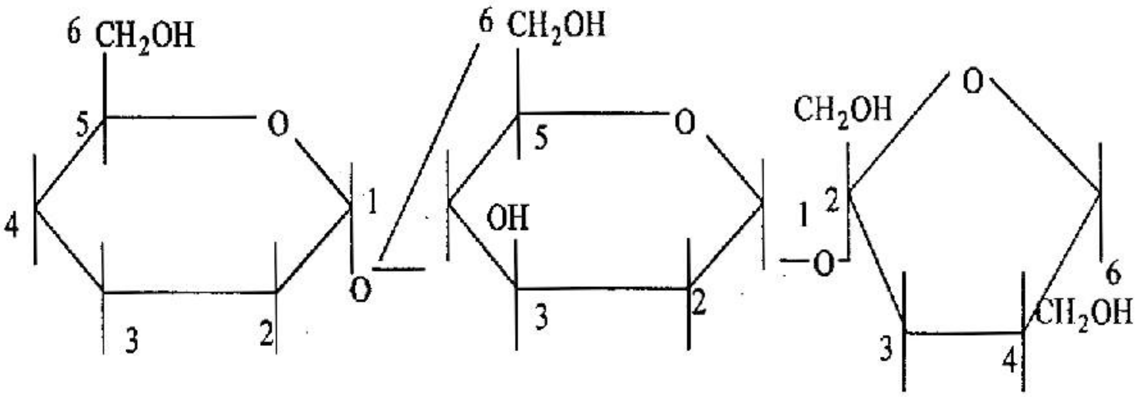
> কার্বনিল গ্রুপটি যদি = CHO হয় তবে 'অ্যালডোজ' নাম হয়, যদি = C = O হয় তবে কিটোজ হয়। সাধারণতঃ সম্পূর্ণ কার্বনসংখ্যা হিসাবে নাম হয়। যেমন— 5টি কার্বন থাকলে পেন্টোজ, 6টি থাকলে হেক্সোজ ইত্যাদি।



গ্লুকোজ (1 → 2) ফ্রুক্টোজ

সুক্রোজ (একটি গ্লুকোজ ও একটি সুক্রোজ— 1 → 2 বন্ধনীর দ্বারা যুক্ত) — চিনির উপাদান।

যদি তিনটি কার্বোহাইড্রেট এইভাবে যুক্তথাকে তবে বলা হয় ট্রাইস্যাকারাইড (Trisaccharide)। যেমন— র‍্যাফিনোজ (সুগারবীটে থাকে)।



গ্যালাক্টোজ (1 → 6) গ্লুকোজে (1 → 2) ফ্রুক্টোজ

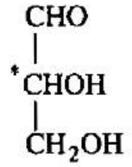
অলিগো (Oligo) একটি গ্রীক শব্দ অর্থ কয়েকটি।

2 থেকে 10-এর মধ্যে সুগার অণুর সংখ্যা থাকলে অলিগোস্যাকারাইড বলে। এইভাবে যখন অনেকগুলি অণুযুক্ত থাকে তখন পলিস্যাকারাইড বলে। যেমন— স্টার্চ, গাহকোজেন। এবা পলিস্যাকাবাইডেব ডদাহবণ। এদেব সম্পর্কে বিশদ আলোচনা পরে হবে।

কার্বোহাইড্রেটেব বাসাযনিক গুণাগুণ ও গঠন সংকেত নিযে বিস্তৃত আলোচনাব পবিসব জৈব বসাযনে আছে। এখানে সংক্ষিপ্ত কিছু আলোচনা কবে যে সুগাব গুলিকে জীবিতকোষে দেখা যায তাদেব জীবিতকোষেব কার্য পণালী আলোচিত হবে।

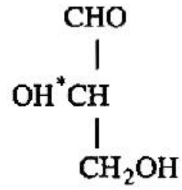
যেহেতু একমাত্র ডাইহাইড্রক্সিঅ্যাসিটোন ছাড়া সব সুগারেই একটি অ্যাসিমেট্রিক কার্বন পরমাণু আছে। তাই যাদের মধ্যে প্লেইন পোলারাইড আলোক বর্ষিত হলে আলোর তলের পরিবর্তন ঘটে এবং সেই হিসাবে কার্বোহাইড্রেটগুলি L-অথবা D-পর্যায়ভুক্ত হতে পারে অর্থাৎ লিভোরোটেটরী (levorotatory) বা ডেক্সট্রোরোটেটরী (dextrotatory) হবে।

জীবিতকোষে প্রাপ্ত সব সুগারই D-এই গঠন সংকেত যুক্ত অর্থাৎ শেষের আগের C-টির সঙ্গে যুক্ত –OH গ্রুপ ছবির ডানদিকে থাকবে।



D-গ্লিসারলডিহাইড বা

D-ট্রায়োজ

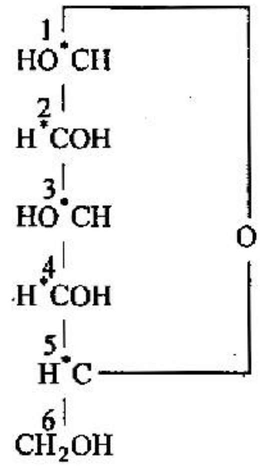


L-গ্লিসারলডিহাইড

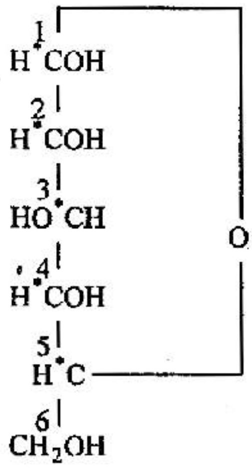
বা

2-ট্রায়োজ

সুগারগুলি আবার শৃঙ্খলাকার গঠন সংকেত অথবা বৃত্তকার (cyclic) গঠন সংকেতে থাকতে পারে। 6 টি সদস্য যুক্ত বৃত্তকার গঠনের নাম পাইরানোজ চক্র (Pyranose ring) এবং 5 টি সদস্যযুক্ত বৃত্তকার গঠনের নাম ফিওরানোজ চক্র (Furanose ring)। নীচে উদাহরণ দেওয়া হল—



(ক)



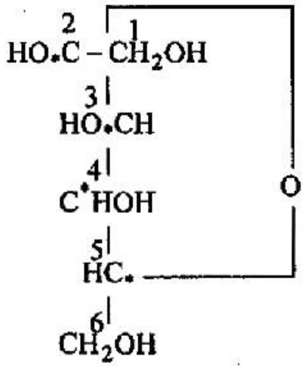
(খ)

এই দুটিই গ্লুকোজের পাইরানোজ চক্রাকার গঠন।

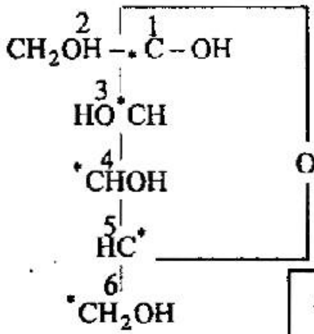
1 নং কার্বনে –OH ও H গ্রুপের অবস্থিতির ওপর নির্ভর করে তাহলে দু রকমের চক্রাকার গঠন সম্ভব। –OHগ্রুপ যখন ডানদিকে [(খ) চিত্র] তখন গঠনটির নাম α ও –OH গ্রুপ যখন বামদিকে [(ক) চিত্র] তখন গঠনটির নাম β।

পাইরানোজ গঠনকে হেমি-অ্যাসিটাল গঠনও বলা হয়।

চক্রাকার গঠনের জন্যে দুইরকমের আইসোমার সম্ভব— এই দুইরকম একটি অপরটি অ্যানোমার। তাহলে ক চিত্রটিকে বলা হবে β-D-গ্লুকোপাইরানোজ ও খ চিত্রটিকে বলা হবে α-D-গ্লুকোপাইরানোজ। তেমনি ঘটে ফিউরানোজের ক্ষেত্রে। যেটি ফ্রুক্টোজে দেখা যায়। সেখানে 2-নং কার্বনের – OH গ্রুপের অবস্থিতি গুরুত্বপূর্ণ।



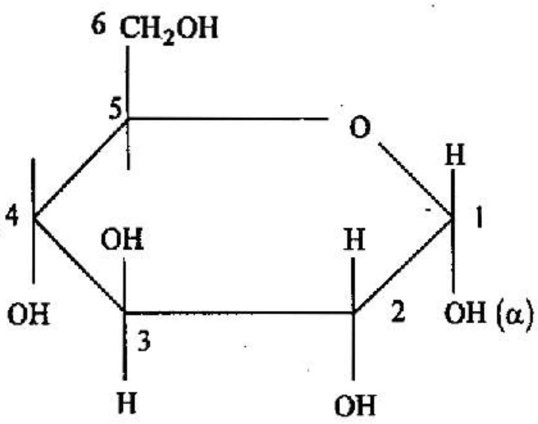
β-D-ফ্রুক্টোফিউরানোজ



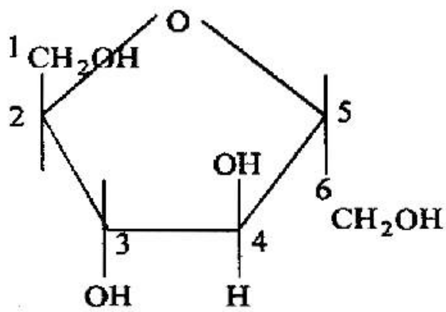
α-D-ফ্রুক্টোফিউরানোজ।

> ফিউরানোজ গঠনকে হেমিকিটাল গঠনও বলা হয়।

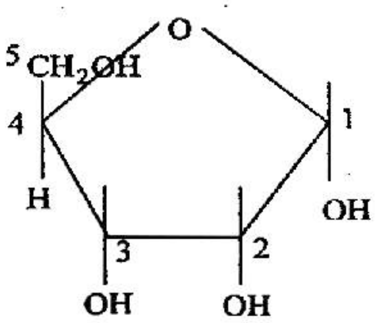
আরও গঠন সংকেত এবং তার প্রকাশভঙ্গী আছে। সুগার অণু-র জটিলতার অবকাশ জৈব রসায়নে পাওয়া যাবে। সাধারণভাবে প্রাণরসায়নে হাওয়ার্থ প্রজেকশন ফর্মুলা (Howorth Projection formula) ব্যবহার করে নিম্নলিখিত ভঙ্গীতে গ্লুকোজ, ফ্রুক্টোজ, (বা অন্যান্য হেক্সোজ) ও রাইবোজ (বা অন্যান্য পেন্টোজ) লেখা হয়—



α-D-গ্লুকোজ

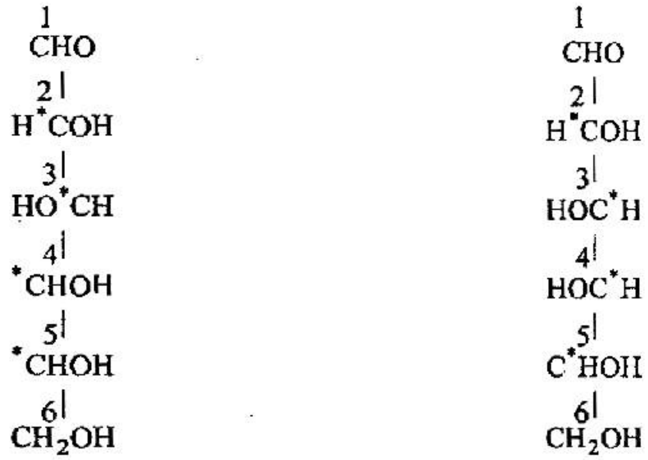


β-D-ফ্রুকটোজ



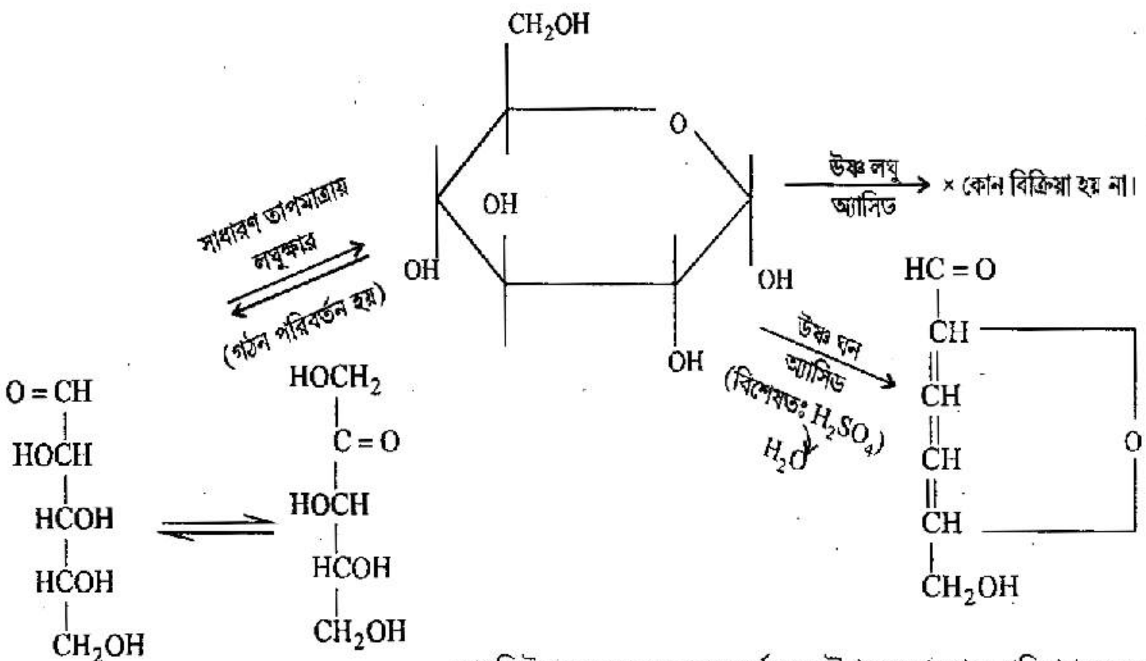
α-D-রাইবোজ

আবার অন্যান্য কার্বনের সঙ্গে যুক্ত – OH ও – H এর স্থান পরিবর্তন হলেও একটি অপরটির আইসোমার হবে। সেই আইসোমারের নাম 'এপিমার'। যেমন— গ্যালক্টোজ ও গ্লুকোজ— একটি অপরটির এপিমার।



D-গ্লুকোজ D-গ্যালাকটোজ

4.3. মনোস্যাকারাইডের কয়েকটি রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য :

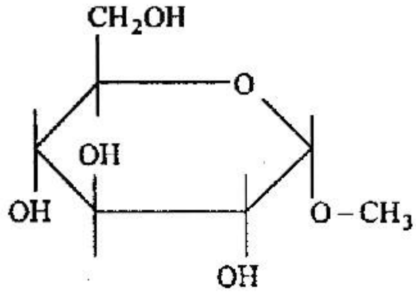


D-ম্যানোজ D-ফ্রুক্টোজ

সারফিউরাল ফেনলের সঙ্গে বর্ণযুক্ত যৌগ করে (সুগার পরিমাপ করতে এই বিক্রিয়া কাজে লাগানো হয়)।

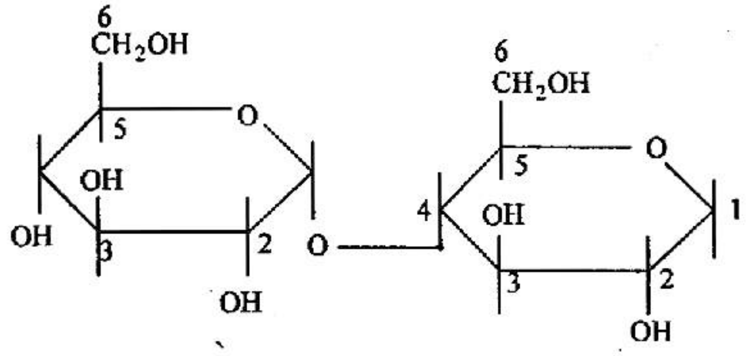
4.4. সুগারের কয়েকটি পরিবর্তিত যৌগ যা জীবিতকোষে থাকে :

1) গ্লাইকোসাইজ (Glycocide) অ্যালডোজের 1নং কার্বনের (অ্যানোমারিক) অক্সিজেনের সঙ্গে আরেকটি কার্বন পরমাণুর যুক্ত বন্ধনীর নাম গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী ও নতুন যৌগটির নাম গ্লাইকোসাইড। উদাহরণ:—



সরলীকরণের জন্য C-র সঙ্গে যুক্ত H-গুলিকে দেখানো হয় না।

মিথাইল α-D-গ্লুকোপাইরানোসাইড বা মিথাইল α-D-গ্লুকোসাইড

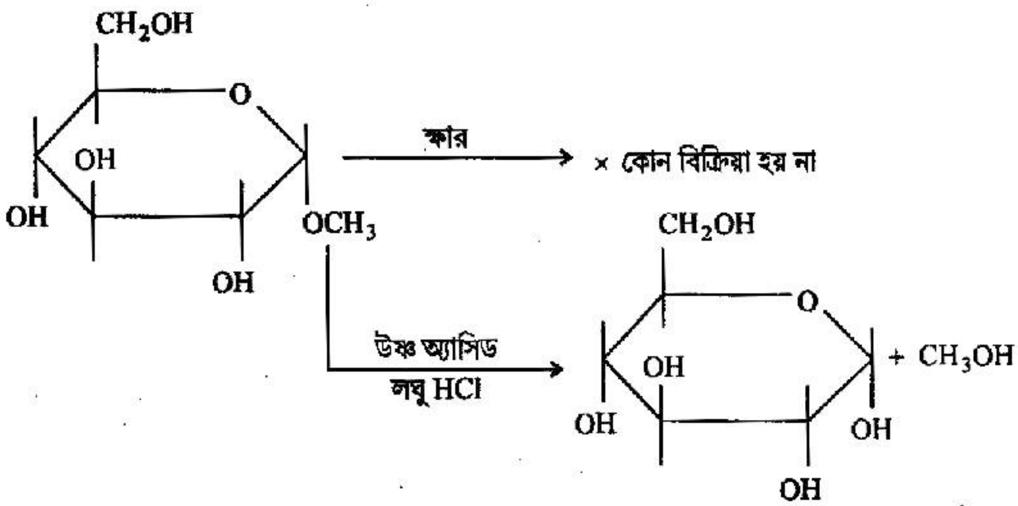


α-D-গ্লুকোপাইরানেসিল (1→ 4) গ্লুকোপাইরানোসাইড

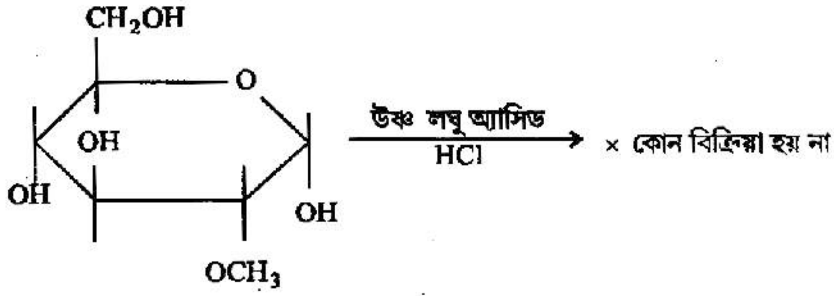
কিন্তু 1নং কার্বন অথবা অ্যানোমারিক কার্বন ব্যতীত অন্য কোন কার্বন পরমাণুর অক্সিজেনের সঙ্গে আরেকটি কার্বন পরমাণুর বন্ধনী ইথারীয়াল বন্ধনী সেটি কিন্তু গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী নয়।

অ্যানোমারিক কার্বনটি 1নং নাও হতে পারে। ফ্রুক্টোজে 2নং অর্থাৎ কিটোজের ক্ষেত্রে 2নং হবে।

এই দুই প্রকার বন্ধনীর মধ্যে চরিত্রগত পার্থক্য আছে। যেমন—



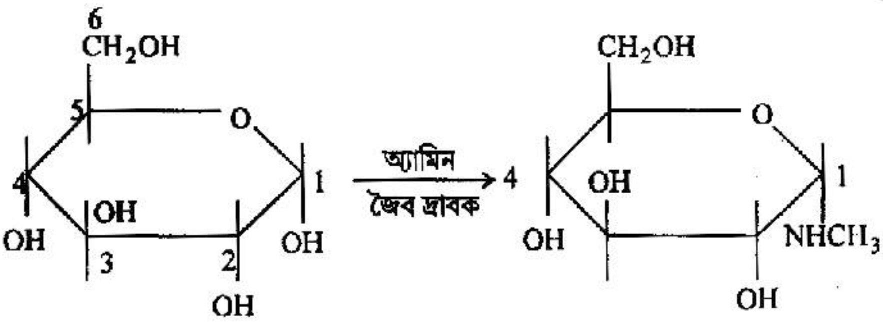
কিন্তু,



অর্থাৎ গ্লাইকোসাইড বন্ধনীটি অ্যাসিডে ভেঙ্গে যায়।

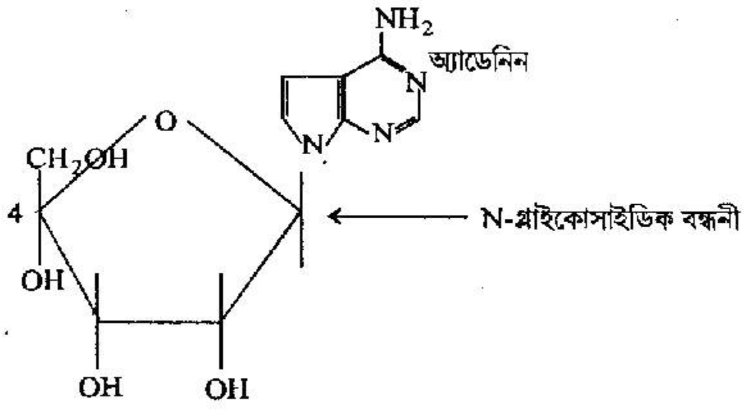
2) N-গ্লাইকোসাইড:

অ্যানোমারিক কার্বনের সঙ্গে কোন নাইট্রোজেন যৌগের N- এর সঙ্গে সরাসরি বন্ধনীটির নাম N-গ্লাইকোসাইড। উদাহরণ:



N-গ্লাইকোসাইড

পেন্টোজ সুগার ও অ্যাডেনিন, গুয়নিন, সাইটোসিন, থায়ামিন, ইউরাসিল অর্থাৎ অন্যান্য জৈব ক্ষারের N-গ্লাইকোসাইড বন্ধনী জীবিত সব কোষে আছে। উদাহরণ স্বরূপ:—



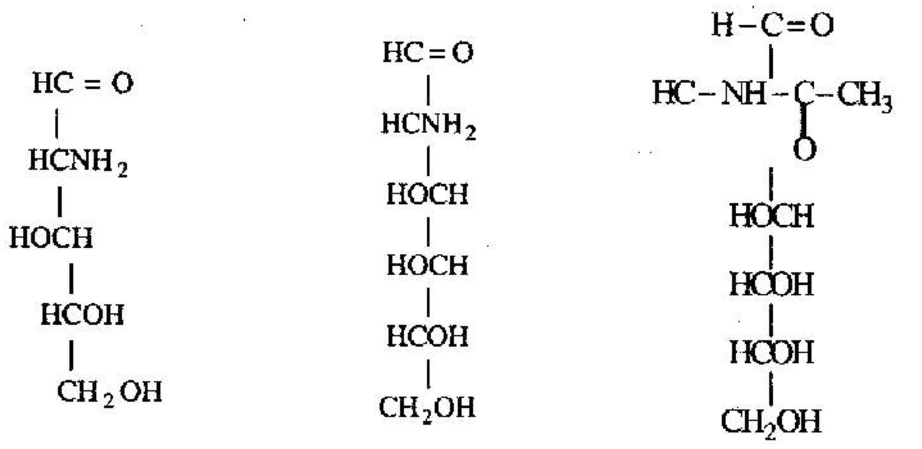
রাইবোজ

অ্যাডোনোসিল রাইবোজ

নিউক্লিক অ্যাসিডের প্রত্যেকটি নিউক্লিওটাইডের এই বন্ধনী বর্তমান।

3) অ্যামিনোসুগার:

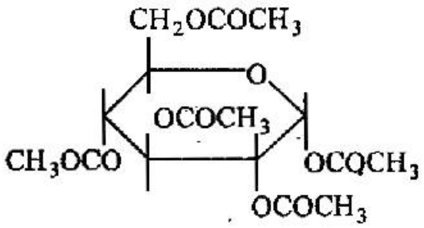
সাধারণত: অ্যালডোজের 2-নং কার্বনে –OH গ্রুপটির বদলে যদি $-NH_2$-গ্রুপ থাকে (অর্থাৎ অ্যামিনোগ্রুপ) তবে ঐটি অ্যামিনো সুগার নামে অভিহিত হয়। উদাহরণ:—



D-গ্লুকোজামিন D-গ্যালাক্টোজামিন N-অ্যাসিটাইল D-গ্লুকোজামিন

4. O-অ্যাসাইল ডেরিভেটিভঃ

অ্যানোমারিক কার্বন সহ সমস্ত – OH গ্রুপের অ্যাসিটাইলেশন সম্ভব অনার্দ্র অ্যাসেটিক অ্যাসিড সহযোগে।



পেন্টা – O– অ্যাসিটাইল -α-D-গ্লুকোজ।

5. O-মিথাইল ডেরি ভেটিভ :

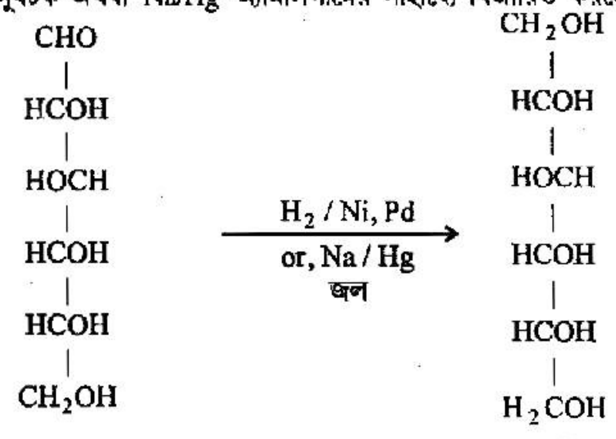
অ্যানোমারিক কার্বনের মিথিলেশ সহজেই হয়— মেথানল ও অ্যাসিডের উপস্থিতিতে তা করা সম্ভব।

কিন্তু অন্য – OH গ্রুপগুলির মিথিলেশনের জন্য মিথাইল আয়োডাইড ও সিলভার অক্সাইড লাগে ও বিক্রিয়ার শর্তগুলি আরও কঠিন।

অ্যানোমারিক কার্বনে গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী হয় কিন্তু অন্যগুলিতে ইথরীয় বন্ধনী হয়।

6. সুগার অ্যালকোহলঃ

সুগারকে H_2 ধাতু অনুঘটক অথবা Na/Hg অ্যামালগামের সাহায্যে বিজারিত করলে সুগার অ্যালকোহল হয়।



D-গ্লুকোজ

D-গ্লুকিটল

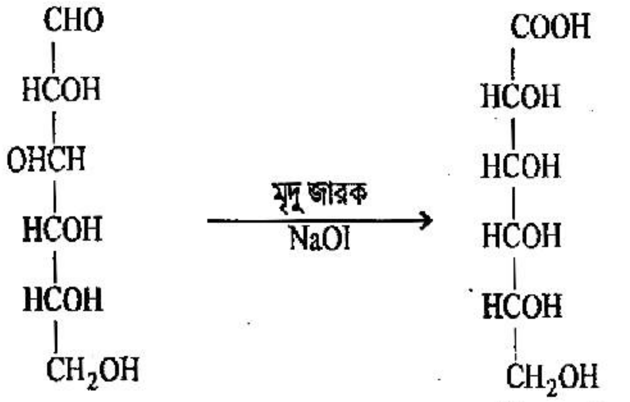
অথবা, L-সরবিটল

6. সুগার অ্যাসিডঃ

তিন শ্রেণীর হয়

ক) অ্যালডেনিক অ্যাসিড:

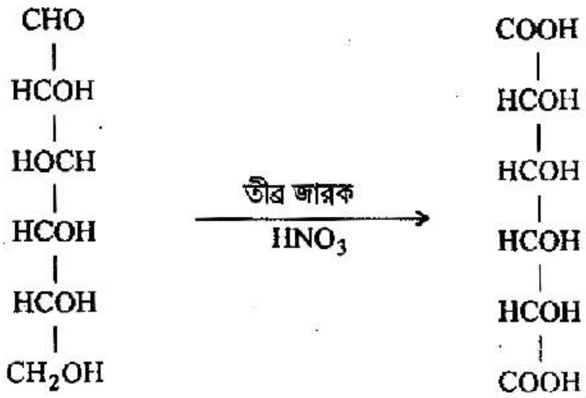
যখন অ্যানোমারিক কার্বনের জারণ হয়—



D-গ্লুকোজ গ্লুকোনিক অ্যাসিড

খ) অ্যালডারিক অ্যাসিড:

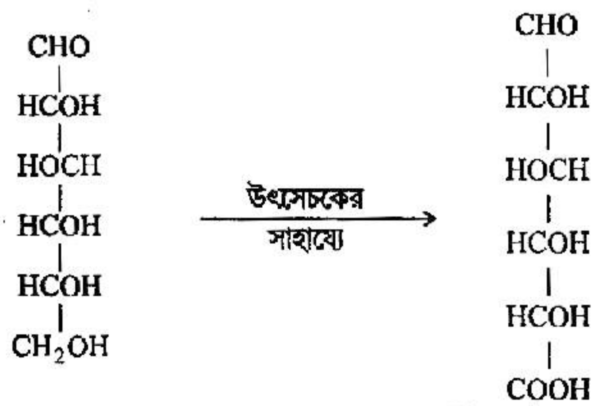
যখন অ্যানোমারিক ও শেষতম কার্বন একইসঙ্গে জারিত হয়



(জীবিত কোষে পাওয়া যায় না)

গ্লুকারিক অ্যাসিড

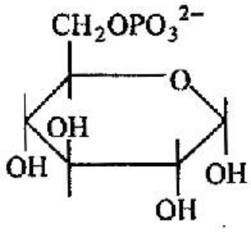
গ) ইউরোনিক অ্যাসিড:



গ্লুকিউরোনিক অ্যাসিড

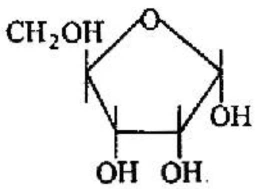
৪. সুগার ফসফেট :

শেষতম কার্বনের – OH গ্রুপের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সুগার ফসফেট পাওয়া যায়। বিপাকক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়।



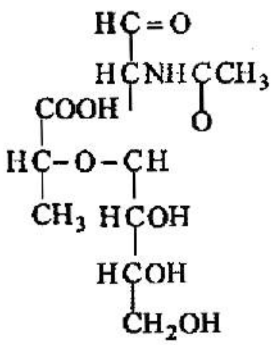
গ্লুকোজ-6-ফসফেট

9. ডিঅক্সি সুগার :

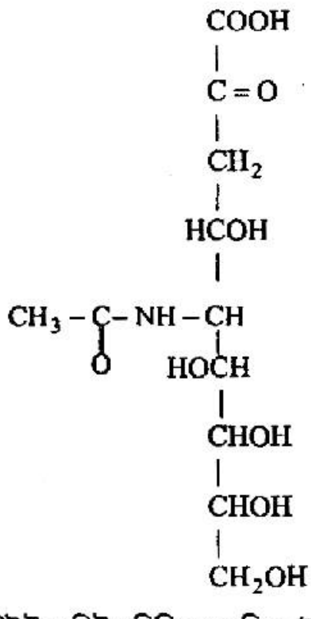


2-ডিঅক্সিরাইবোজ DNA-র উপাদান।

10. মিউরামিক অ্যাসিড ও নিউরামিনিক অ্যাসিড :



N-অ্যাসিটাইল মিউরামিক অ্যাসিড
(ব্যাকটেরিয়ার কোষপ্রাচীরে থাকে)



N-অ্যাসিটাইল নিউরামিনিক অ্যাসিড (NANA)
বা সায়ালিক অ্যাসিড (Salicacid)
(কোষপর্দায় থাকে)

11. ডাইস্যাকারাইড:

ডাইস্যাকারাইড

বিজারক (reducing)
যাদের অ্যানোমারিক কার্বন মুক্ত থাকে—
উদাহরণ— মল্টোজ, ল্যাক্টোজ

অবিজারক (nonreducing)
যাদের অ্যানোমারিক কার্বন মুক্ত থাকেনা—
বন্ধনী দ্বারা যুক্ত থাকে
সুক্রোজ-তার একটি উদাহরণ।

12. পলিস্যাকারাইড :

দুভাগে ভাগ করা যেতে পারে :

পলিস্যাকারাইড

হোমোপলিস্যাকারাইড
(একইরকম সুগার অণু অনেকগুলি
গ্লাইকোসাইড বন্ধনী দ্বারা যুক্ত)
উদাহরণ:— স্টার্চ (উদ্ভিদে সংরক্ষিত)
গ্লাইকোজেন, (প্রাণীতে সংরক্ষিত) সেলুলোজ ইত্যাদি

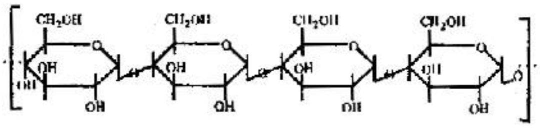
হেটারোপলিস্যাকারাইড
(বিভিন্ন রকমের সুগার অণু অনেকগুলি
গ্লাইকোসাইড বন্ধনী দ্বারা যুক্ত)
উদাহরণ:— মিউকোপলিস্যাকারাইড
কোষপ্রাচীর, ইত্যাদি

ক) স্টার্চ:

এইটি আবার দুইধরনের— দুইটিই উদ্ভিদে সংরক্ষিত থাকে।

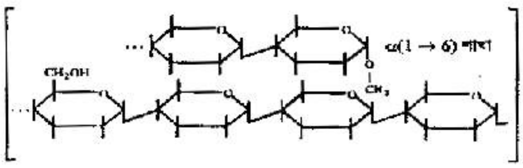
স্টার্চ

অ্যামাইলোজ
(এইটির গঠন দীর্ঘ শৃঙ্খল—
কোন শাখা নেই)
অর্থাৎ (গ্লুকোজ (1→ 4) গ্লুকোজ)n



আণবিক গুরুত্ব=500,000
জলে মাইসেলি তৈরী করে

অ্যামাইলোপেক্টিন
(এইটির গঠনে অনেক শাখা থাকে
দীর্ঘ শৃঙ্খলের মধ্যে) অর্থাৎ



α(1 → 4) প্রধান শৃঙ্খল
(24-30 টি α 1–4, গঠনের পর একটি α 1–6 গঠন)
আণবিক গুরুত্ব = 1 মিলিয়ন
জলে মাইসেলি তৈরী করে

খ) গ্লাইকোজেন:

এইটি প্রাণীদেহে সংরক্ষিত থাকে। এইটির সঙ্গে অ্যামাইলোপেকটিনের খুবই সাদৃশ্য আছে— এতে শাখার সংখ্যা আরও অনেক বেশী সুতরাং আণবিক গুরুত্ব ও বেশী এবং এটি 8-12 টি α 1–4, সরল শৃঙ্খলের পর একটি α–1–6, গঠন থাকে সুতরাং আণবিক গুরুত্ব ও বেশী।

গ) সেলুলোজ:

এইটি উদ্ভিদের গঠনবিন্যাসে সহায়তা করে। স্টার্চ-এর অ্যামাইলোজ-এর মতই এর গঠন সংকেত পার্থক্য শুধু এই স্থলে β $(1\rightarrow 4)$ বন্ধনী থাকে, স্টার্চে থাকে α $(1\rightarrow 4)$ বন্ধনী।

ঘ) মিউকোপলিস্যাকারাইড:

এইটি প্রাণীদেহের গঠনবিন্যাসে সহয়তা করে— কোষ কোষে থাকে ও কোষে-কোষ পরিস্থিতিতে অংশ গ্রহণ করে।

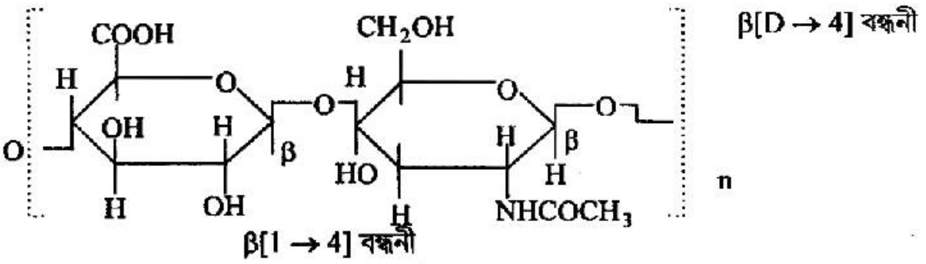
পরীক্ষা করে দেখা গেছে, একই সঙ্গে কিডনী কোষ ও লিভার কোষ মিশিয়ে বাফার দ্রবণে রেখে দিলে কিছুক্ষণ পরে সব কিডনী কোষগুলি একজায়গায় ও সব লিভারকোষগুলি একজায়গায় জড়ো হয়ে যায়। এইভাবে নিজেদের চিনে নিতে সাহায্য করে কোষের কোটের ওপরে অবস্থিত মিউকোপলিস্যাকারাইড এবং আরও কিছু কার্বোহাইড্রেট সংক্রান্ত অণু।

এমনকি সাধারণ কোষগুলি কৃত্রিম মাধ্যমে (Culture media) বৃদ্ধি পেতে দিলে দেখা যাবে একটি নির্দিষ্ট ঘনত্বের পরে তাদের আর বৃদ্ধি হচ্ছে না। অর্থাৎ-কোষ-কোষ সংস্পর্শ এমন কোন সংবাদ বহন করছে যাতে কোষের বৃদ্ধি বন্ধ হয়ে যাচ্ছে। অন্যদিকে ক্যানসার কোষকে এইভাবে বৃদ্ধি পেতে দিলে দেখা যায় তাদের বৃদ্ধি কোনদিন বন্ধ হচ্ছেনা— অর্থাৎ কোষ-কোষ সংস্পর্শ ও তজ্জনিত সংবাদ প্রেরণ ঠিকমত হচ্ছেনা। পরীক্ষায় প্রমাণিত হয়েছে যে স্বাভাবিক কোষ ও ক্যানসার কোষের কোষ কোটের উপাদানে পার্থক্য আছে।

কোষ কোটে মিউকোপলিস্যাকারাইড ছাড়া থাকে গ্লাইকোপ্রোটীন ও গ্লাইকোলিপিড। গ্লাইকোলিপিড পরবর্তী পর্যায়ে আলোচিত হবে। নিম্নে একটি তালিকা দেওয়া হল যাতে কয়েকটি মিউকোপলিস্যাকারাইডের নাম, উপাদান ও প্রাপ্তিস্থল বলা হল— (মিউকো— কথাটি এসেছে— মিউকাস-থেকে-অর্থ পিচ্ছিল) এই পলিস্যাকারাইডগুলি স্পর্শে পিচ্ছিল ও আমাদের পৌষ্টিকনালীতে বিপাকক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না। তাই আমাদের পৌষ্টিকনালীতে এই পদার্থের একটি বহিঃস্তর থাকে।

পলিস্যাকারাইড	উপাদান	প্রপ্তিস্থল
হাইএ্যালুউরোনিক অ্যাসিড	গ্লুকিউরোনিক অ্যাসিড ও N-অ্যাসিটাইল D-গ্লুকোজামিন	সাইনুভিয়াল তরলে থাকে
কন্ড্রয়টিন	গ্লুকিউরোনিক অ্যাসিড ও N-অ্যাসিটাইল D-গ্যালাক্টোজামিন	কর্নিয়ায় থাকে
হেপারিন	গ্লুকোজামিন -6-সালফেট, গ্লুকিউরোনিক অ্যাসিড -2-সালফেট ও আইডুরোনিক অ্যাসিড	রক্তনালীকায় ও ফুসফুসে থাকে

হাইঅ্যালুরোনিক অ্যাসিডের গঠনটি দেখালে অন্যগুলিও বোঝা যাবে—



D-গ্লুকিউরোনিক অ্যাসিড N-অ্যাসিটাইল D-গ্লুকোজামিন

ঙ) গ্লাইকোপ্রোটীন :

এটিও কোষ কোটের উপাদান ও কোষ-কোষ পরিচিতিতে অংশ গ্রহণ করে। প্রোটীনে সেরিন, থ্রিয়েনিনের –OH গ্রুপের সঙ্গে গ্লাইকোসাইডিক মত বন্ধনী অথবা লাইসিনের t– NH_2-গ্রুপের সঙ্গে সুগারের N-গ্লাইকোসাইডিক মত বন্ধনী অথবা N-গ্লাইকোসামিন মত বন্ধনী সম্ভব। একটি উদাহরণ খুবই চিত্তাকর্ষক—

অ্যান্টার্টিকায় বসবাসকারী জলের প্রাণীদের রক্তে একটি প্রোটীন পাওয়া গেছে তার নাম অ্যান্টিফ্রিজ প্রোটীন। অর্থাৎ ঐ প্রোটীনটি অত ঠাণ্ডাতেও ঐ প্রাণীদের দেহের রক্ত জমতে দেয়না— অ্যান্টিফ্রিজ!! প্রোটীনটি কিভাবে কাজ করে?

ঐ প্রোটীনে বারে বারেই একটি সারণী আসে তা হল –Ala- Ala- Thr–

ঐ Thr-র –OH গ্রুপের সঙ্গে গ্যালাক্টোসল N–অ্যাসিটাইল গ্যালাক্টোজমিনের বন্ধনী হয়। এই গঠনটি খুবই বিস্তৃত— তাতে রক্তে মিশ্রিত জলের অণুগুলি কাছাকাছি আসতে পারে না ও পরস্পরের মধ্যে H– বন্ধনী গঠন করতে পারে না। ফলে রক্ত ঠাণ্ডায় জমে যায় না।

4.5. লিপিড: (অথবা ফ্যাট ও তেল)

সংজ্ঞাহিসাবে বলা যেতে পারে একটি প্রাণরসায়ণ অণু যা জলে দ্রবণীয় নয় কিন্তু জৈবদ্রাবকে দ্রবণীয়।

উদাহরণস্বরূপ:

$$CH_3CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2$$
$$HOOC-CH_2-CH_2-CH_2$$

[অর্থাৎ $CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$]

ফ্যাটি অ্যাসিড-পামিটিক অ্যাসিড— জলে দ্রবণীয় নয়— জৈব দ্রাবকে দ্রবণীয়— এবং জীবিত কোষে পাওয়া যায়।

অতএব পামিটিক অ্যাসিড একটি লিপিড। যেটি সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন তাকে ফ্যাট ও যেটি তরল তাকে তেল বলে। লিপিডের অনেক রকমের শ্রেণীবিন্যাস আছে—

1) গঠনগত

সাধারণ (Simple)

উদাহরণ :

ট্রাইঅ্যাসাইল গ্লিসারল

$$
\begin{array}{l}
CH_2 - O - \underset{\underset{O}{\parallel}}{C} - (CH_2)_{14} - CH_3 \\
| \\
CH_2 - O - \underset{\underset{O}{\parallel}}{C} - (CH_2)_{14} - CH_3 \\
| \\
CH_2 - O - \underset{\underset{O}{\parallel}}{C} - (CH_2)_{14} - CH_3
\end{array}
$$

সংশ্লেষিত (Conjngated)

উদাহরণ : গ্লাইকোপ্রোটীন

আগের পর্যায়ে বলা হয়েছে

অ্যান্টিফ্রিজ প্রোটীন। অথবা লিপোপ্রোটীন—

এ সম্পর্কে এ পর্যায়ের

শেষের দিকে আলোচনা হবে।

2) গঠনগত

সাধারণ (Simple)

উদাহরণ :

ট্রাইঅ্যাসাইল গ্লিসারল

জটিল (Complex)

উদাহরণ: ফসফোলিপিড

$$
\begin{array}{l}
CH_2 - O - \underset{\underset{O}{\parallel}}{C} - (CH_2)_{14} - COOH \\
| \\
CH_2 - O - \underset{\underset{O}{\parallel}}{C} - (CH_2)_5 - HC = CH - (CH_2)_8 - CH_3 \\
| \qquad\qquad O^- \\
CH_2 - O - \underset{\underset{O}{\parallel}}{C} - O - CH_2 - CH_2 - NH_2
\end{array}
$$

ফসফটাইডিল ইথানল অ্যামিন

3) গুণগত

স্যাপোনিফিএবল (Saponifiable)

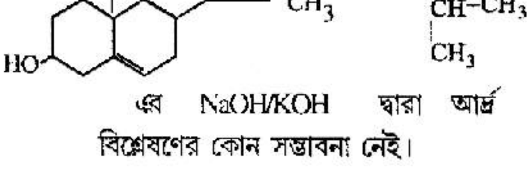
উদাহরণ: ট্রাইঅ্যাসাইল গ্লিসারল

অর্থাৎ NaOH অথবা KOH দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে ফ্যাট অ্যাসিডের Na অথবা K-লবণ করে।

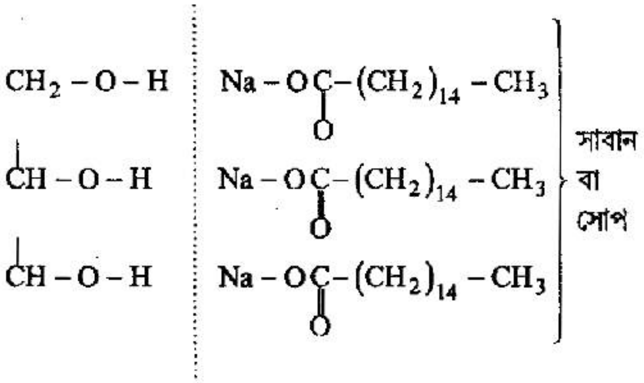
ট্রাই অ্যাসাইল গ্লিসারল আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে তিনটি লবণ অণু ও একটি গ্লিসারল প্রস্তুত করে।

নন্‌স্যাপোনিফিএবল্ (nonsaponifable)

উদাহরণ: কোলেস্টেরল



এর NaOH/KOH দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষণের কোন সম্ভাবনা নেই।



4.6. ফ্যাটিঅ্যাসিড :

ফ্যাট অ্যাসিডগুলিকে আবার দুটিভাগে ভাগ করা হয়—

ফ্যাটি অ্যাসিড

সংপৃক্ত (Saturated)

অর্থাৎ গঠনে কোন দ্বিবন্ধ বা ত্রিবন্ধ নেই

উদাহরণ :

$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$

পামিটিক অ্যাসিড

এইটির যুগ্মসংখ্যা যুক্ত কার্বন বেশী দেখা যায়। এদের নামকরণ করা হয় কার্বনের সংখ্যা ও 0 (শূন্য) দ্বিবন্ধ দেখিয়ে

যথা : পামিটিক অ্যাসিড হবে 16:0

স্টিয়ারিক অ্যাসিড হবে 18:0

এদের গলনাঙ্ক বেশী কারণ এদের অণুগুলি পরস্পরের কাছাকাছি আসতে পারে ও তখন ভ্যানডার ওয়ালস্ জাতীয় বলের দ্বারা আবদ্ধ থাকে। বেশী তাপমাত্রায় ঐ বল দ্রবীভূত হলে গলনাঙ্কে পৌঁছায়।

যেমন— স্টিয়ারিক অ্যাসিডের গলনাঙ্ক 70°C।

অসংপৃক্ত (Unsaturated)

গঠনে দ্বিবন্ধ বা ত্রিবন্ধ থাকবে

উদাহরণ :

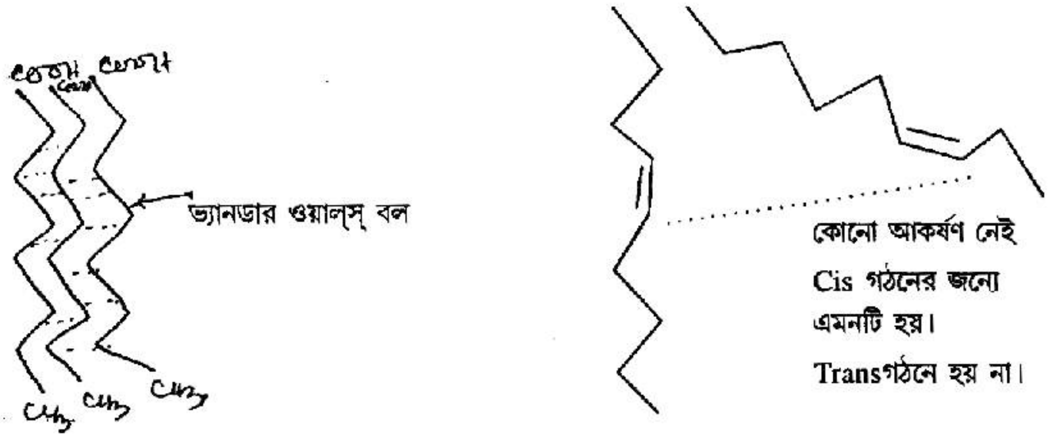
$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$

অলিক অ্যাসিড

এইগুলি সংপৃক্ত অ্যাসিডের তুলনায় সংখ্যায় বেশী। অলিক অ্যাসিডের নাম হবে $18{:}1^{\Delta 9}$

এই Δ নির্দেশ করে কোথায় দ্বিবন্ধ বা অসংপৃক্তি আছে। দ্বিবন্ধ-এর দুইপাশে Cis গঠন থাকে। এদের গলনাঙ্ক কম কারণ, এদের গঠন এদের কাছাকাছি হতে বাধা দেয়। তাই এরা সাধারণ তাপমাত্রাতেই দূরে দূরে থাকে অর্থাৎ গলন অবস্থায় থাকে।

যেমন— অলিক অ্যাসিডের গলনাঙ্ক 13°C।



4.7. অবশ্যিক ফ্যাট অ্যাসিড :

কয়েকটি ফ্যাট অ্যাসিড (অসংপৃক্ত) আছে যেগুলি আমরা তৈরী করতে পারিনা। উদ্ভিদ উৎস থেকে সংগ্রহ করতে হয়। তাদেরকে আবশ্যিক ফ্যাট অ্যাসিড বা essential fatty acid বলে।

নীচের ছকটি থেকে বিষয়টি বিশদভাবে বোঝা যাবে :

উদ্ভিদ	প্রাণী/উদ্ভিদ	প্রাণী

স্টিরারিক অ্যাসিড (18:0)

↓ O_2, NADH

অলিক অ্যাসিড $(18:1^{\Delta 9})$

← O_2, NADH

লিনোলেইক অ্যাসিড $(18:2^{\Delta 9,12})$

↓ O_2, NADH → α–লিনোলেনিক অ্যাসিড $(18:3^{\Delta 9,\ 12\ 15})$

→ O_2, NADH → γ-লিনোলেনি ক অ্যাসিড $(18:3^{\Delta 6,9,12})$

↓ $+C_2$

$(20:3^{\Delta,8,11,14})$

↓ O_2, NADH

অ্যারাকিডোনিক অ্যাসিড $(20:4^{\Delta 5,8,11,14})$

তাহলে, প্রাণীদেহে লিনোলেইক অ্যাসিড প্রস্তুত হয়না— ঐটি উদ্ভিদ উৎস থেকে নিতে হবে। α- লিনোলেনিক অ্যাসিডও উদ্ভিদ উৎস থেকে নিতে হবে। তাহলে, লিনোলেইক, লিনোলেনিক ও তা থেকে সৃষ্টি অ্যারাকিডোনিক অ্যাসিডকে আবশ্যিক ফ্যাটি অ্যাসিড পর্যায়ভূক্ত করা যায়।

4.8. অ্যাসাইল গ্লিসারল :

ট্রাইঅ্যাসাইলগ্লিসারল-এর কয়েকটি উদাহরণ আগে ব্যবহৃত হয়েছে। এইগুলি কোষে বিশেষতঃ অ্যাডিপোজ টিস্যুতে সংরক্ষিত থাকে ও সময়মত শক্তি উৎপাদনে ব্যয়িত হয়। এইগুলিতে কোন পোলার প্রান্ত না থাকায় এরা সম্পূর্ণভাবে জলে অদ্রবণীয়।

কিন্তু আলাদাভাবে ট্রাইগ্লিসারল জলে দ্রবণীয় ও ফ্যাটি অ্যাসিডগুলি জলে দ্রবণীয় নয়— কিন্তু – COOH এই পোলার প্রান্তের জন্য মাইসেলি সৃষ্টি করে তা আগে আলোচিত হয়েছে।

ডাই অ্যাসাইলগ্লিসারল-কোষপর্দায় সৃষ্টি হয়। উৎসেচকের সাহায্যে ও অনেক সংবাদ কোষের ভিতরে বহন করে নয়ে যায়। এর একটি প্রান্ত পোলার

$$\begin{array}{l} CH_2-O-\underset{\displaystyle \| \atop O}{C}-(CH_2)_\eta-CH_3 \\ | \\ CH-O-\underset{\displaystyle \| \atop O}{C}-(CH_2)^x-CH=CH-(CH_2)_y-CH_3 \\ | \\ CH_2-O-H \end{array}$$

মনোঅ্যাসাইল গ্লিসারলেরও অবশ্যই একটি পোলার প্রান্তথাকবে। কারণ গঠনটি

$$\begin{array}{l} CH_2-O-\underset{\displaystyle \| \atop O}{C}-(CH_2)_\eta-CH_3 \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

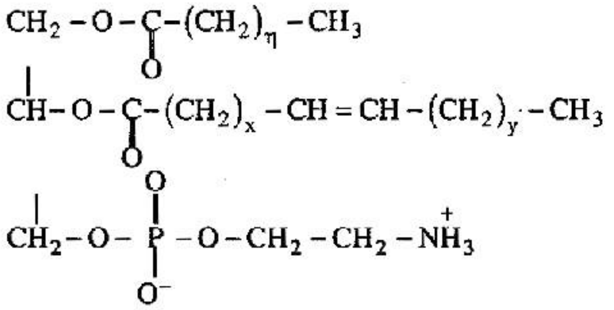
4.9. ফসফোলিপিড (Phospholipid)

গ্লিসারলের তিন নং কার্বন পরমাণুর – OH গ্রুপের সঙ্গে যদি ফসফোরিক অ্যাসিডের (H_3Po_4) এস্টার তৈরী হয় তবে তাকে বলে ফসফাটাইডিক অ্যাসিড।

$$\begin{array}{l} CH_2-O-\underset{\displaystyle \| \atop O}{C}-(CH_2)_n-CH_3 \\ | \\ CH-O-\underset{\displaystyle \| \atop O}{C}-(CH_2)_x-CH=CH-(CH_2)_y-CH_3 \\ | \\ CH_2-O-\overset{\displaystyle O \atop \|}{\underset{\displaystyle | \atop O^-}{P}}-O^- \end{array}$$

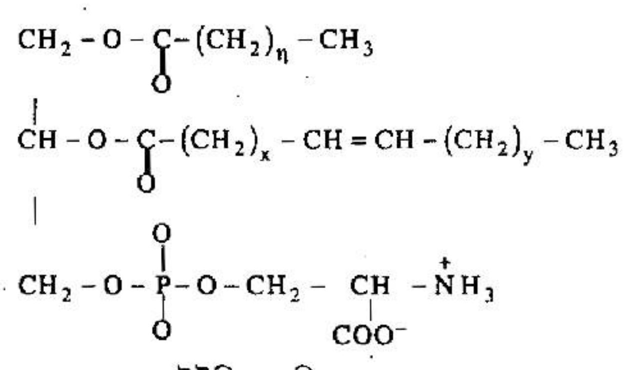
ফসফাটাইডিক অ্যাসিড-এর প্রথম কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যে ফ্যাটি অ্যাসিডের এস্টার বন্ধনী ঐ অ্যাসিডটি সংপৃক্ত অ্যাসিড থাকে; দ্বিতীয় কার্বন পরমাণুর সঙ্গে এস্টার করা ফ্যাটি অ্যাসিডটি অসংপৃক্ত অ্যাসিড হয়ে থাকে সাধারণতঃ।

ফসফাটাইডিক অ্যাসিডের ফসফোরিক অ্যাসিডের অন্য দুটি অ্যাসিড প্রান্তের একটির সঙ্গে যদি আবার কোন $-OH$ গ্রুপ আছে এমন কোন যৌগের বন্ধনী সম্ভব হয় তবে তাকে যথাযথ ফসফোলিপিড বলে। যেমন :



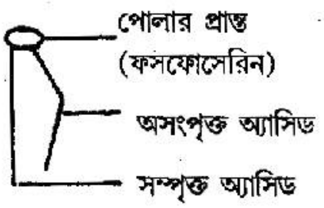
$[OH-CH_2-CH_2-NH_2]$
ইথাইল অ্যামিন শারীর বৃত্তীয় pH-এ
$-NH_2$ গ্রুপ $-\overset{+}{N}H_3$ রূপে থাকবে।

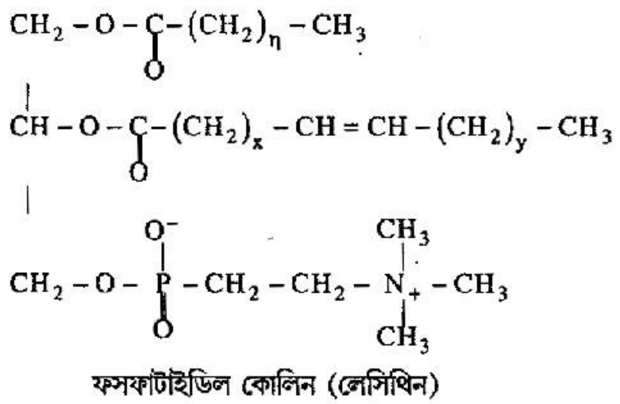
ফসফাটাইডিল ইথানল আমিন (সেফালিন)



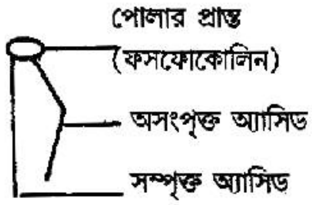
ফসফাটাইডিল সেরিন

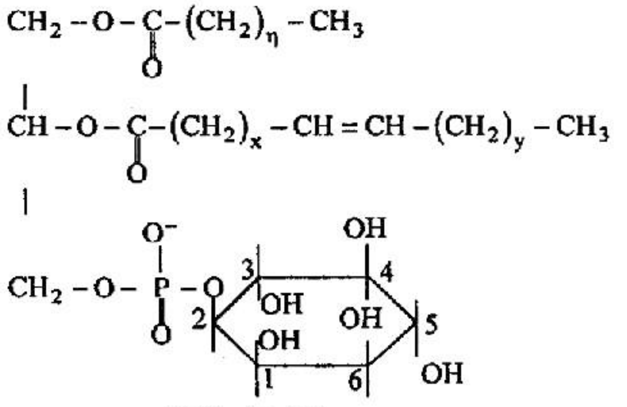
ফসফোলিপিডকে
এইভাবে দেখানো হয়



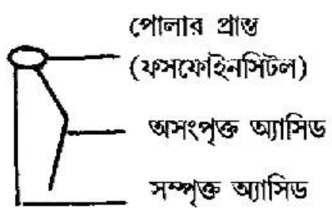


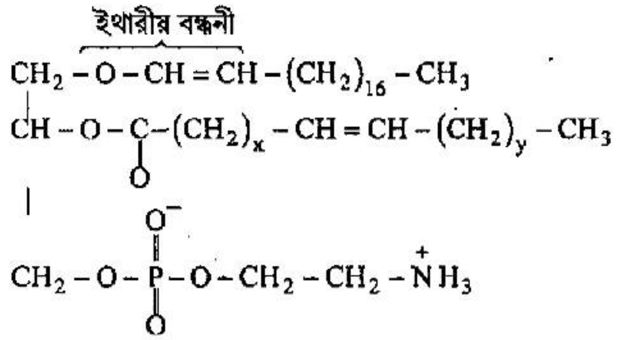
ফসফাটাইডিল কোলিন (লেসিথিন)



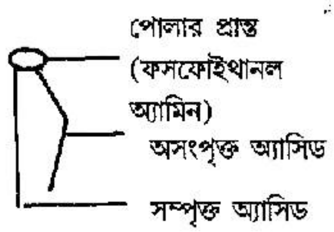


ফসফাটাইডিল ইনসিটল





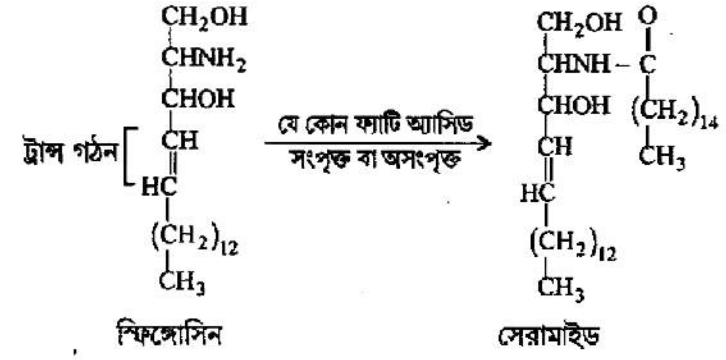
প্লাজমালোজেন



ফসফোলিপিডগুলি সবই প্রায় কোষ পর্দায় থাকে। এদের সকলেরই ওপরে ফসফেটের জন্য একটা ঋণাত্মক তড়িৎ (negative Charge) ও কখনও কখনও ফসফেটের সঙ্গে যুক্ত যৌগটির জন্য আরও ধনাত্মক বা ঋণাত্মক তড়িৎ থাকে। তাই এরা কোষ পর্দায় থেকে আয়নকে আকর্ষণ ও বিকর্ষণ করতে পারে ও কোষের ভিতরে বিভিন্ন সংবাদ পাঠাতে পারে।

4.10. স্ফিঙ্গোলিপিড (Sphingolipid)

স্ফিঙ্গোসিন একটি জৈবক্ষার—জীবিত কোষে থাকে—তৈরী হয় সেরিন ও পামিটিক অ্যাসিড সহযোগে। এই স্ফিঙ্গোসিন আরেকটি পামিটিক অ্যাসিডের সঙ্গে অথবা অন্য যে কোন অ্যাসিডের সঙ্গে যুক্ত হয়ে তৈরী করে সেরামাইড (Ceramide)।

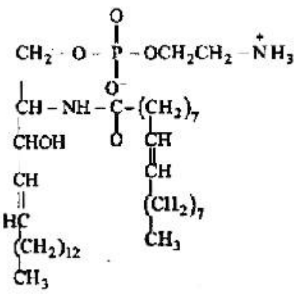


স্ফিঙ্গোসিন সেরামাইড

স্ফিঙ্গোলিপিডের গঠনগত শ্রেণীবিভাগ তিনটি

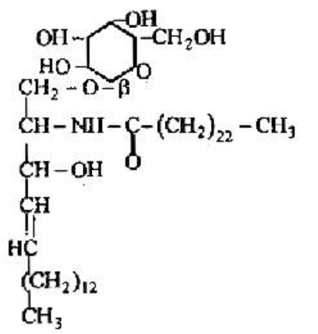
স্ফিঙ্গোমায়েলিন

স্ফিঙ্গোসিনের – OH গ্রুপের সঙ্গে কেবল ফসফোরিল কোলিন অথবা ফসফোরিল ইথাইল অ্যামিন থাকবে।



প্রশমগ্লাইকোস্ফিঙ্গোলিপিড

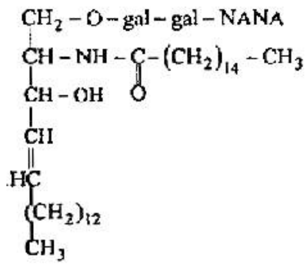
স্ফিঙ্গোসিনের – OH গ্রুপের সঙ্গে সুগারের – OH গ্রুপ যুক্ত হয়।



গ্যালাক্টোসেরিব্রোসাইড

আম্লিক গ্লাইকোস্ফিঙ্গোলিপিড

স্ফিঙ্গোসিনের – OH গ্রুপের সঙ্গে সুগার ও শেষে NANA যুক্ত থাকায় এটি আম্লিক। এদের গাঙ্গলিওসাইড বলে।



স্ফিঙ্গোলিপিডগুলি সকলেই স্নায়ুকোষের বিভিন্ন অংশে থেকে বিভিন্ন কাজ করে। উদ্ভিদ কোষেও এদের বিভিন্ন কাজ আছে।

ক্যান্সারকোষে স্বাভাবিক কোষের তুলনায় ভিন্নরকমের সাঙ্গলিওসাইড পাওয়া যায়।

4.11. অন্যান্য লিপিড (নন্‌স্যাপোনিফিয়েবল) :

ওয়াক্স (Wax) :

দীর্ঘ ফ্যাটি অ্যাসিডের সঙ্গে দীর্ঘ অ্যালকোহল (যা কিনা দীর্ঘ ফ্যাটি অ্যাসিডের বিজারণের ফলেই তৈরী হয়)-এর এস্টার হলে, তা হয় জলে অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ। তাকে ওয়াক্স বলে। পশুর লোমের ওপরে, পালকে, ফলের গায়ে রক্ষাবরণ হিসাবে ওয়াক্স থাকে। মৌমাছির ওয়াক্স বা মোম পামিটিক অ্যাসিড ও 26 থেকে 34 টি কার্বন যুক্ত অ্যালকোহলের এস্টার। এইটি খুব দামী মোম। উলের ওপরে ল্যানোলিন নামক যে চকচকে পদার্থটি থাকে তা আসলে ল্যানোস্টেরল ও ফ্যাটিঅ্যাসিডের এস্টার। পেট্রোলিয়ামজাত মোমের (Paraffin wax) থেকে এটি আলাদা পেট্রোলিয়ামজাত মোম দীর্ঘ হাইড্রোকার্বন— অ্যালকেন।

টারপিন্‌স্ :

একাধিক আইসোপ্রিন অণু সংযোজিত হয়ে টারপিন্‌স্ (Tarpenes) করে।

$$\left[-CH = \overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}} - CH = CH - \right]$$ আইসোপ্রিন (Isoprene) একক।

$$\downarrow$$

$$CH_2 = C(CH_3) - CH = CH - CH = C(CH_3) - CH = CH_2$$ (মনোটারপিন)

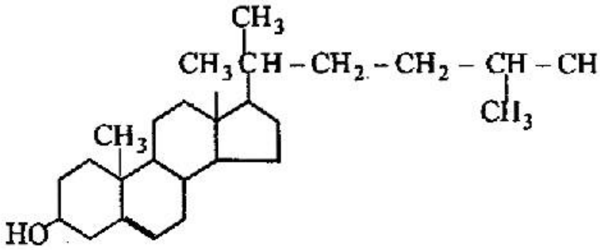
অথবা, $CH_2 = C(CH_3) - CH = CH - CH = CH - C(CH_3) = CH_2$ (মনোটারেপিন)

দুই রকমই হতে পারে। এইরকম চারটি আইসোপ্রিন যুক্ত হলে হবে ডাইটারপিন।

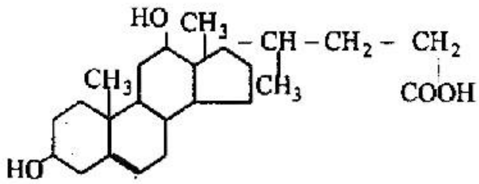
এই ধরনের গঠন ভিটামিন A, E, ও K এবং কোএনজাইম Q-তে দেখা যায়।

স্টেরয়েড :

এই শ্রেণীভুক্ত যৌগগুলি বিভিন্ন যেমন—

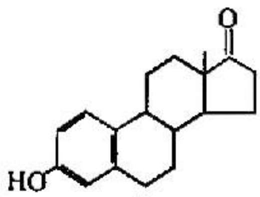


কোলেস্টেরল (কোষপর্দায় থেকে পর্দার তারল্য কমায়)



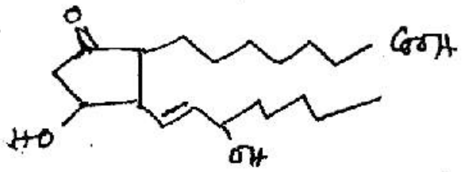
ডিঅক্সিকোলিক অ্যাসিড

(গলব্লাডারে থাকে ও লিপিডের বিপাকীয় ক্রিয়ায় সাহায্য করে)



ইস্টোজেন (স্ত্রী হরমোন)

প্রস্টাগ্ল্যাডিন : অ্যারাকিডোনিক অ্যাসিড থেকে তৈরী হয়। চক্রাকৃতির ওপরে নির্ভর করে অনেক রকমের প্রস্টাগ্ল্যানডিন পাওয়া যায়। এদের শারীরবৃত্তীয় কাজও বিভিন্ন যেমন—



প্রস্টাগ্ল্যানডিন E_1 (PGE_1)।

এটি রক্তচাপ কমায়, পেশীর সঞ্চালনে সাহায্য করে।

4.12 লিপোপ্রটীন :

এটি সংশ্লেষিত (Conjngated) লিপিড। কার্যপ্রণালী হিসাবে এদের দুটি বিভাগ : 1) পরিবহন লিপোপ্রোটীন। (Transport lipoprotin)।

2) পর্দা লিপোপ্রোটীন। (membrane lipoprotin)

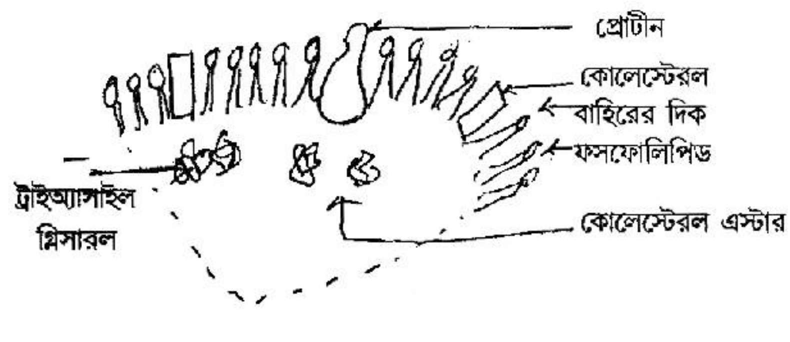
1. পরিবহন লিপোপ্রোটীন :

লিপিড যেহেতু জলে অদ্রবণী তাই রক্তে লিপিডকে বহন করবার জন্য কতগুলি লিপোপ্রোটীন সিস্টেম আছে। এদের লিপিড ও প্রোটীনের অনুপাত, ঘনত্ব ইত্যাদির ওপর নির্ভর করে এদের কতকগুলি শ্রেণী বিভাগ করা হয়েছে— নীচে তার তালিকা দেওয়া হল।

বৈশিষ্ট্য	কাইলোমাইয়ান	খুব কম ঘনত্ব (VLDL)	কম ঘনত্ব (LDL)	বেশী ঘনত্ব (LHDL)
1) ঘনত্ব গ্রাম/মিলি	<0.94	0.94-1.006	1.006-2.063	1.063-1.21
2) প্রোটীন, % শুষ্ক ওজন	1-2	10	25	45-55
3) ট্রাইঅ্যাসাইলগ্লিসারল, % শুষ্ক ওজন	80-95	55-65	10	3
4) ফসফোলিপিড, % শুষ্ক ওজন	3-6	15-20	22	30
5) কোলেস্টেরল, % শুষ্ক ওজন	1-3	10	8	3
6) কোলেস্টেরল এস্টার, % শুষ্ক ওজন	2-4	5	37	15

এই দুই প্রকার লিপ্রোটীন রক্তনালীতে জমে নালীর পথ বন্ধ করে।

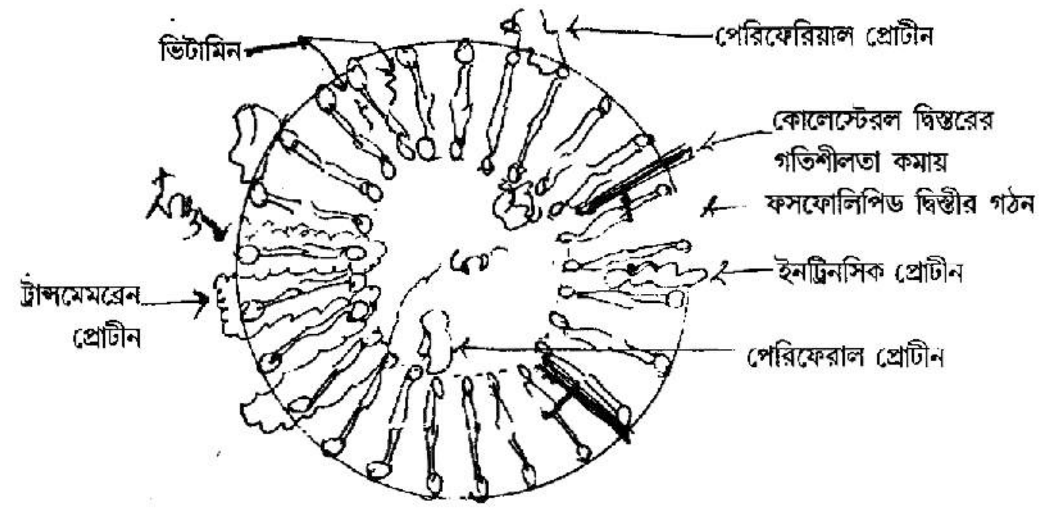
লিপোপ্রোটীন কণাগুলি অনেকটাই গোলাকার ও বাইরের দিকে থাকে পোলার যৌগ। ভিতরের দিকে থাকে ননপোলার যৌগ।



কোষ পর্দা :

কোষ পর্দায় 50% লিপিড, 5% কার্বোহাইড্রেট ও 45% প্রোটীন থাকে। সাধারণভাবে, ফসফোলিপিডের একটি

দ্বিস্তরীয় গঠনের মধ্যে প্রোটীনগুলি নানানভাবে থাকে, কোষের ভিতরে জল ও বাইরেও জল। তাই ফসফোলিপিডের পোলার প্রান্ত বাইরের দিকের জলের অণুর সঙ্গে মুখোমুখি হয়ে একটি স্তর তৈরী করে মাইসেলি সৃষ্টির মত। আরেক স্তর ফসফোলিপিডের পোলার প্রান্ত কোষের ভিতরের জলের মুখোমুখি থেকে আরেকটি মাইসেলি গঠন করে অর্থাৎ



প্রোটীন অণুগুলি কখনো কখনো বাইরের দিকে থাকে অর্থাৎ ফসফোলিপিডের পোলার প্রান্তের সঙ্গে তড়িৎ আকর্ষণে আটকে থেকে— এদের পেরিফেরাল (peripheral) প্রোটীন বলে।

কতকগুলি প্রোটীন তাদের হাইড্রোকার্বন অঞ্চলের জন্য ফসফোলিপিডের স্তরে ঢুকে থাকতে পারে— এদের ইনট্রিনসিক প্রোটীন বলে।

কতকগুলি প্রোটীন ফসফোলিপিডের দ্বিস্তরগঠনটির এপ্রান্ত (অর্থাৎ বহির্দেশ) থেকে ও প্রান্ত (অন্তর্দেশ) পর্যন্ত চলে যায় এমনকি দ্বিস্তরটিকে বেশ কয়েকবার অতিক্রম করে— এদের ট্রান্সমেমব্রেন প্রোটীন বলা হয়।

লিপিড যেহেতু জলে দ্রবণীয় নয় তাই কোষের ভিতরকার পদার্থ ও বাইরের পদার্থের মধ্যে একটা সীমারেখাটানার জন্যই যেন ফসফোলিপিডের দ্বিস্তরীয় গঠন। তারই মধ্যে কিছুটা আয়নিত পরিবেশও সৃষ্টি করে রাখে।

প্রোটীনগুলির অনেক রকম কাজ— 1) আয়নের জন্য চ্যানেল তৈরী করা, 2) হরমোন, ওষুধ, পুষ্টিকর খাদ্যদ্রব্য-এর সঙ্গে সংঘর্ষের ফলাফল ভিতরে পৌঁছে দেওয়া, 3) অন্য রাসায়নিক বস্তুকে বহন করে ভিতরে ঢুকিয়ে দেওয়া, 4) কোষ-কোষ পরিচিতির কাজ করে— ইত্যাদি।

ফসফোলিপিডের যেহেতু অসংপৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড থাকে তাই এদের গলনাঙ্ক খুব বেশী নয় কিন্তু স্বাভাবিক অবস্থায় কঠিন ঐ দ্বিস্তরের গতিশীলতা (অর্থাৎ mobility) কমাতে কোলেস্টেরল থাকে ঐ দ্বিস্তরে। আবার কোলেস্টেরলের অ্যালকেন শৃঙ্খলটি দুইস্তরের মধ্যে তারল্য বাড়ায়। অক্সিজেনফ্রি র‍্যাডিকেলের হাত থেকে অসংপৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডকে বাঁচাতে ঐ দ্বিস্তরে ভিটামিন E-ও থাকে।

ফসফাটাইডিল কোলিন, স্ফিঙ্গোমায়েলিন, কোলেস্টেরল থাকে বাইরের স্তরে; ফসফাটাইডিন ইথানল অ্যামিন, ফসফাটাইডিল সেরিন, ফসফাটাইডিল ইনেসিটল থাকে ভিতরের স্তরে।

সমগ্র লিপিডের 50-65% ফসফাটাইডিল, কোলিন, ফসফাটাইডিল, ইথানল অ্যামিন ও স্ফিঙ্গোমায়েলিন; 10% ফসফাটাইডিল সেরিন, ফসফাটাইডিল ইনোসিটল সেরিব্রোসাইড, গাঙ্গালিও সাইড ইত্যাদি এবং 25% কোলেস্টেরল ও

তার এস্টার।

কার্বোহাইড্রেট থাকে গ্লাইকোপ্রোটীন, গ্লাইকোস্ফিঙ্গোলিপিড, এবং গ্লাইকো গ্লিসারোলিপিড হিসাবে।

লিপিড ও প্রোটীনের পার্শ্ব ব্যাপন ও ঘূর্ণন লক্ষ্য করা যায় কোষ পর্দায় (পার্শ্ব ব্যাপন=lateral diffusion; ঘূর্ণন=rotation)।

কিন্তু 'ফ্লিপফ্লপ' চলন (অর্থাৎ একস্তর থেকে লিপিড বা প্রোটীনের অন্যস্তরে চলন) সম্পূর্ণভাবে নিয়মবিরুদ্ধ। কারণ, বাইরের স্তরে অনেক রিসেপ্টর বা গ্রাহক অণু আছে, অনেক পরিচিতি বহনকারী অণু (recognising molecule) আছে তারা বেশীর ভাগই গ্লাইকোপ্রোটীন— তাদের ভিতরে আসার অর্থ অকারণ শক্তিক্ষয়।

কোষ পর্দার মত অঙ্গাণু পর্দাস্তরও একইরকম লিপিড দ্বিস্তরে প্রোটীন ও কার্বোহাইড্রেট থাকে। তবে উপাদানগুলি বিভিন্ন হতে পারে।

4.13. লিপিডের পচন (Rancidity of fat)

উষ্ণ ও আদ্র আবহাওয়ায় লিপিড রেখেদিলে বাতাসের অণু, ব্যাকটেরিয়ার সাহায্যে অসংপৃক্ত বন্ধনীতে জারণ ঘটায় ও বড় ফ্যাটিঅ্যাসিড জারিত হয়ে অ্যালডিহাইডে পরিণত হয়। অ্যালডিহাইড আমাদের পক্ষে বিষবৎ — তাই ঐরকমের লিপিড একেবারেই গ্রহণ করা উচিৎ নয়। অ্যালডিহাইডের উপস্থিতির জন্য ঐ লিপিড থেকে দুর্গন্ধ নির্গত হয়। একে বলা হয় লিপিডের পচন।

4.14. লিপিডের গুণগত বিচারের জন্য কতকগুলি নির্দেশক ব্যবহৃত হয় :

1. স্যাপোনিফিকেশন সংখ্যা :

   1গ্রাম ফ্যাট বা অয়েলকে স্যাপোনিফাই করতে যত OH লাগে তাকে স্যাপোনিফিকেশন সংখ্যা বলে। ক্যাস্টর অয়েল এর স্যাপোনিফিকেশন সংখ্যা 175-180.

2। আয়োডিন সংখ্যা : 100 গ্রাম ফ্যাট যত গ্রাম I_2 শোষন করতে পারে তাকে আয়োডিন সংখ্যা বলে। এর দ্বারা ফ্যাটের অসংপৃক্তির পরিমাণ ধরা পরে। নারকেল তেলের আয়োডিন সংখ্যা 6-10.

3। অ্যাসিটাইল সংখ্যা : 1 গ্রাম অ্যাসিটাইলেটেড ফ্যাট থেকে যত পরিমাণ অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায় স্যাপোনিফিকেশনের পরে তাকে প্রশমিত করতে যে পরিমাণ KOH লাগে (মিলিগ্রামে) তাকে অ্যাসিটাইল সংখ্যা বলে।

4। অ্যাসিড সংখ্যা : 1 গ্রাম ফ্যাটে যে মুক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড থাকে তাকে প্রশমিত করতে যত মিলিগ্রাম KOH লাগে তাকে অ্যাসিড সংখ্যা বলে। অ্যাসিড সংখ্যা বেশী হলে পচনের সম্ভাবনা বেশী।

5। রাইকার্ট মিস্‌ল সংখ্যা : 5 গ্রাম ফ্যাটের পাতনে যে পরিমাণ ফ্যাটি অ্যাসিড থাকে তাকে প্রশমিত করতে যত আয়তন (মিলিলিটারে) N/10 KOH লাগে তাকে রাইকার্ট সংখ্যা বলে। নারকেল তেলের ক্ষেত্রে এই সংখ্যা 6-7.5. উদ্বায়ী অ্যাসিড সংখ্যা পাওয়া যায়।

6। পোলেন্সকি সংখ্যা : 5 গ্রাম ফ্যাটে যতখানি অনুদ্বায়ী, জলে অদ্রবণীয় ফ্যাট অ্যাসিড আছে তাকে প্রশমিত করতে যত মিলিলিটার N/10 KOH লাগে তাকে পেলেন্সকি সংখ্যা বলে। স্ট্যান্ডার্ড 'আগমার্ক' ঘি এর এই সংখ্যা 1-2।

4.15. লিপিডের পরিমাপ :

লিপিডের পরিমাপের আগে লিপিড গুলিকে আলাদা করা হয় থিন লেয়ার ক্রোমাটোগ্রাফি করে। (Thin layer chromatography) এই পদ্ধতির মূলনীতি পেপার ক্রোম্যাটোগ্রাফির মতই। কোন অণুর পোলার ও ননপোলার দ্রাবকে দ্রবীভূত হবার ক্ষমতার অনুপাতে লিপিড অণুগুলি এ্যালুমিনা অথবা সিলিকা জেলের পাতলা স্তরে নিজেদের সাজিয়ে নেয়, যখন ঐ পাতলা স্তরে আটকে থাকা একটি দ্রাবকের উপরে আরেকটি দ্রাবক ক্রমশঃ ঐ প্লেটের উপরের দিকে উঠতে থাকে। পরে প্লেটটি শুকিয়ে প্রয়োজনীয় রঞ্জক পদার্থ ব্যবহার করে লিপিড অণুগুলিকে নির্দেশিত করা যায় ও পাতলা স্তর থেকে অংশ কেটে নিয়ে দ্রাবকে দ্রবীভূত করে স্পেকট্রাফটোমিটারে মাপা যায়।

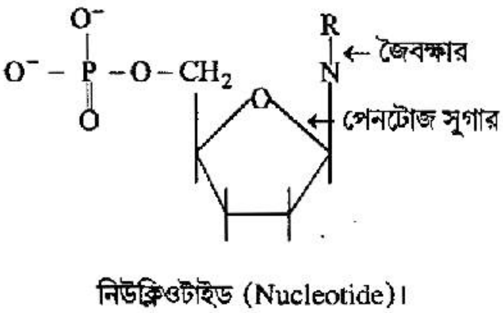
থিন লেয়ার ক্রোমাটোগ্রাফির জায়গায় গ্যাস লিক্যুইড ক্রোমাটোগ্রাফিও করা হয় লিপিড অণুর জন্য। অণুগুলিকে উদ্বায়ী করে (প্রয়োজনে এস্টারও করে ফেলা হয়) নাইট্রোজেন বা অন্য কোন ক্রিয়াশীল নয় এমন গ্যাসের সঙ্গে সিলিকোন নির্মিত নলের মধ্যে দিয়ে পাঠানো হয়। এখানেও একটি দ্রাবক ব্যবহার করা হয় যা ঐ নলের ভিতরের পৃষ্ঠতলে থাকে ও গ্যাসের সঙ্গে যাওয়ার সময়ে ঐ দ্রাবকে কতখানি দ্রবীভূত হয় তার উপরে নির্ভর করে অণুগুলি আলাদা হয়ে যায় ও একটি ফোটোমিটারে তাদের পরিমাপ নেওয়া হয়।

4.16. নিউক্লিক অ্যাসিড (Nucleic acid) :

এটি আকারে সবথেকে বড় একটি প্রাণরসায়ন অণু যা বংশগতির ধারক ও বাহক। এটিকেও একটি পলিমার বলা চলে এবং এর একক (মনোমার), নিউক্লিওটাইড (Nucleotide) নামে অভিহিত হয়। এটি ইউক্যারিওটিক কোষের নিউক্লিয়াসে পাওয়া যায় ও এর রাসায়নিক ধর্ম আম্লিক বলে একে নিউক্লিক অ্যাসিড নাম দেওয়া হয়েছে। যদিও প্রোক্যারিরওটিক কোষে এটি সাইটোপ্লাজমেই থাকে— কারণ সেখানে নিউক্লিয়াস থাকে না।

নিউক্লিওটাইডনামক এককটি একটি জৈব ক্ষার যা, রাইবোজ বা 2-ডিঅক্সিরাইবোজ নামক পেনটোজ সুগার ও ফসফেট দিয়ে তৈরী। এই জৈব ক্ষারগুলির প্রধানতঃ পাঁচটির উপস্থিতিই মূল। অবশ্য কিছু ডেরিভেটিভ ও থাকে। অ্যাডেনিন (Adenine), গুয়ানিন (Guanine), সাইটোসিন (Cytosine) এবং থাইমিন (Thymine) থাকে ডিঅক্সিরাইবোজ-এর সঙ্গে। রাইবোজ-এর সঙ্গে থাইমিনের পরিবর্তে ইউরাসিল (Uracil) থাকে। সুগার ও জৈব ক্ষার N-গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী (কার্বোহাইড্রেটের সঙ্গে আলোচিত হয়েছে) করে থাকে।

অর্থাৎ,



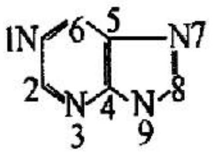
নিউক্লিওটাইড (Nucleotide)।

4.17. জৈবক্ষার :

যে জৈব ক্ষারগুলিকে নিউক্লিক অ্যাসিডে পাওয়া যায় তাদের দুভাগে ভাগ করা হয়—

1) পিউরিন

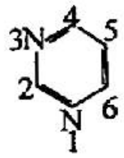
(প্রায় সমতল)



(গঠন সংকেতে সংখ্যা দেওয়ার নিয়ম)

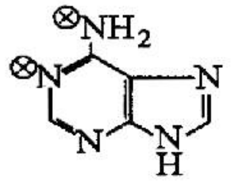
2) পিরিমিডিন

(সমতল)



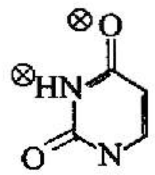
(গঠন সংকেতে সংখ্যা দেওয়ার নিয়ম)

সাধারণ গঠন

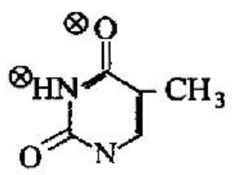


অ্যাডেনিন

সাধারণ গঠন

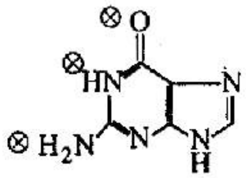


ইউরাসিল

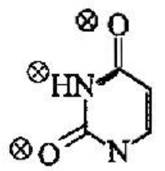


থাইমিন

(5 মিথাইল ইউরাসিল)



গুয়ানিন



সাইটোসিন

ক্ষারগুলির মাপ ও H-বন্ধনী করতে পাবার ক্ষমতা প্রাণ রাসায়নিক কাজের জন্য খুবই গুরুত্বপূর্ণ। গঠন সংকেতের (x)-চিহ্নিত স্থানগুলি H-বন্ধনী করতে পারে।

এই জৈব ক্ষারগুলি জলে দ্রবণীয় নয়। মুক্ত ক্ষারকোষে কমই থাকে।

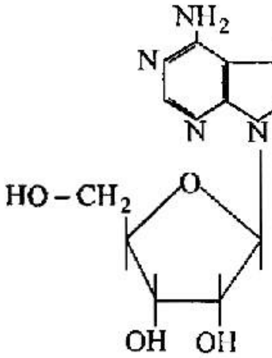
এরা সকলেই 260-280 মিলিমাইক্রন বা ন্যানোমিটার তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোক শোষণ করতে পারে এবং এই ধর্মটিকে কাজে লাগিয়ে নিউক্লিওটাইড বা নিউক্লিক অ্যাসিডেরও পরিমাপ করা হয়।

যে ডেরিভেটিভগুলি সাধারণতঃ পাওয়া যায় সেগুলি হল— 6-মিথাইলঅ্যাডেনিন ; 2-মিথাইলগুয়ানিন 5-মিথাইলসাইটোসিন ; 5-OH মিথাইলসাইটোসিন। ইত্যাদি।

4.18. নিউক্লিওসাইড (Nucleoside) :

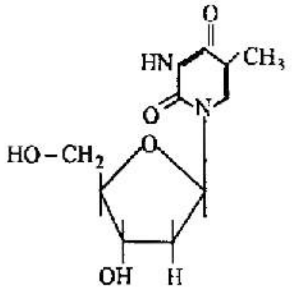
জৈব ক্ষার ও পেন্টোজ সুগারের মিলিত যৌগের নাম নিউক্লিওসাইড। এরা কোষে খুব অল্প পরিমাণে থাকে। যেহেতু পেন্টোজ সুগারটি আছে তাই মুক্ত ক্ষারের তুলনায় নিউক্লিওসাইড জলে বেশী দ্রবণীয়।

N-গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী থাকায় এরা ক্ষারীয় দ্রবণে বিক্রিয়া করেনা কিন্তু অ্যাসিড দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। তন্মধ্যে, পিরিমিডিন ক্ষার থাকলে অ্যাসিড দ্রবণেও বিক্রিয়া হয় না। তাদের অ্যামাটোগ্রাফিতে পৃথক করে 260-280 ন্যানোমিটারে আলোক শোষণ করিয়ে মাপা যায়।



অ্যাডেনোসিন

(রাইবোফিউরানোসিল অ্যাডেনিন)



থাইমিন

(ডিঅক্সিরাইবোফিউরানোসিল থাইমিন)

জৈব ক্ষারের বৃত্তীয় গঠন ও সুগারের বৃত্তীয় গঠন পরস্পরের সঙ্গে 90° কোণে থাকে।

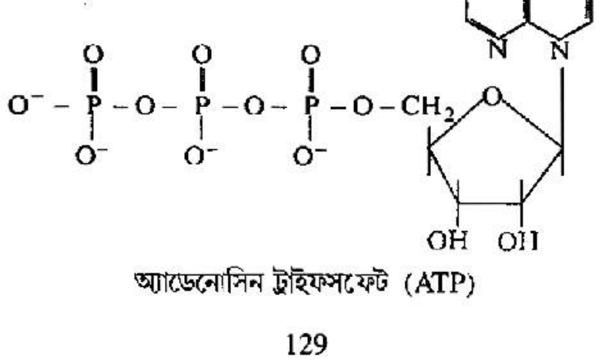
4.19. নিউক্লিওটাইড (Nucleotide) :

জৈবক্ষার, পেন্টোজসুগার ও ফসফেট যুক্ত হয়ে নিউক্লিওটাইড তৈরী করে। এইগুলি কোষে বেশ ভালো পরিমাণে থাকে। ফসফেট (PO_3^{2-}) গ্রুপের জন্য এরা অ্যাসিডিক— জৈবক্ষার থাকা সত্ত্বেও। এরা জলে ভীষণভাবে দ্রবণীয়।

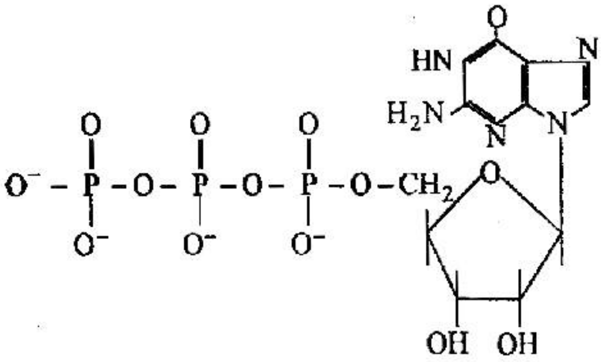
এদেরও ক্রোমাটোগ্রাফিতে পৃথক করে আলোক শোষণ (260-280 ন্যানোমিটার) দ্বারা পরিমাপ করা সম্ভব।

নিউক্লিক অ্যাসিডের একক ছাড়াও এদের নিজস্ব কিছু কাজ আছে কোষে।

এরা মনোফসফেট, ডাইফসফেট ও ট্রাইফসফেট হতে পারে।

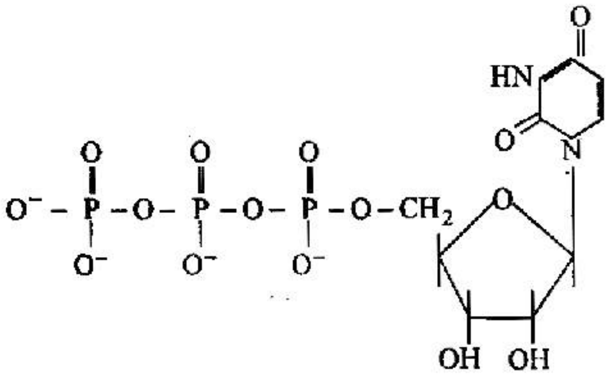


অ্যাডেনোসিন ট্রাইফসফেট (ATP)

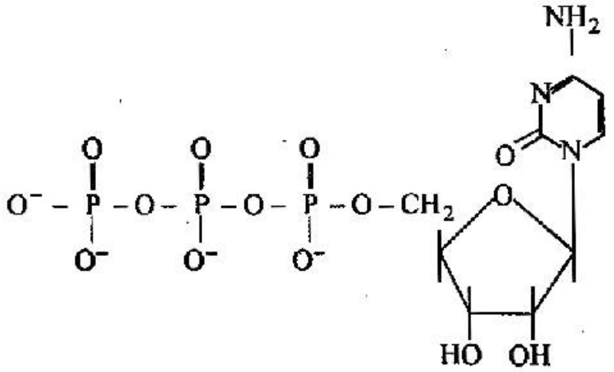


গুয়ানোসিন ট্রাইফসফেট (GTP)

এরা উচ্চশক্তিসম্পন্ন অণু— জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় শক্তির উৎস।

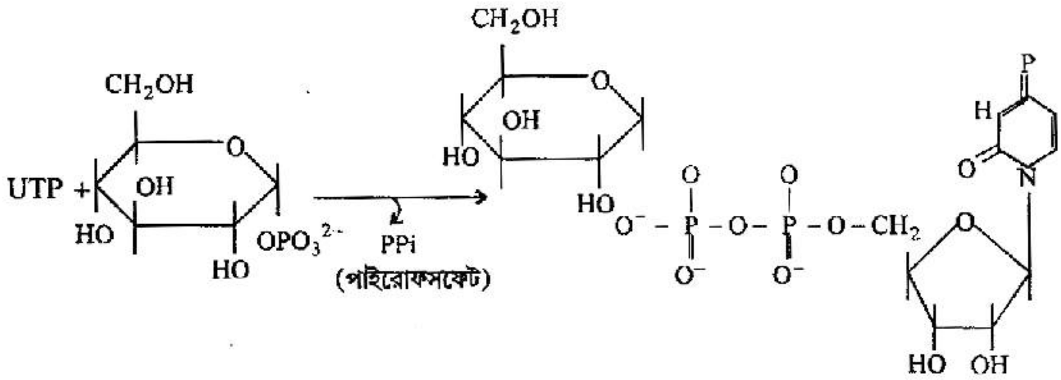


ইউরোসিল ট্রাইফসফেট (UTP)



সাইটোসিন ট্রাইফসফেট (CTP)

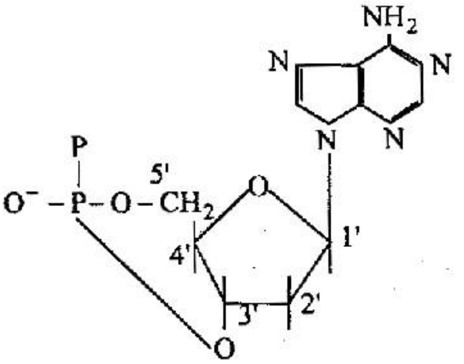
এরা জৈব অণুর বাহক হিসাবে কাজ করে। UTP-গ্লুকোজ ও CTP-কোলিন বহন করে নিয়ে যায় অন্য কোন সংশ্লেষণের কাজে।



গ্লুকোজ-1-ফসফেট

UDP-গ্লুকোজ

তেমনই, ফসফোকোলিন + CTP → CDP-কোলিন + PPi

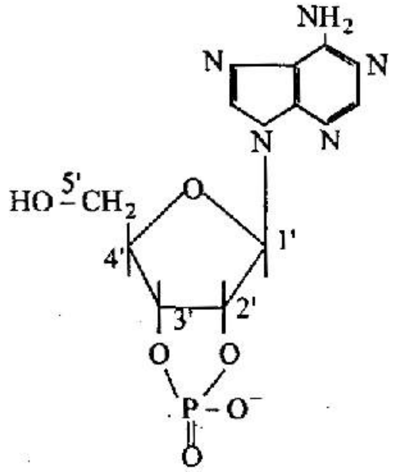


[3', 5' C-AMP]

(বৃত্তীয় অ্যাডেনোসিন মনোফসফেট)

(Cyclic adenosine monophosphate)

কোষের দ্বিতীয় বার্তাবহ (Second messengar)-এর কাজ করে। হরমোন ও অন্যান্য ওষুধের খবর নিয়ে যায় কোষের ভিতরে।



[2', 3'-C-AMP]

(বৃত্তীয় অ্যাডেনোসিন মনোফসফেট)

(Cyclic adenosine monophosphate)

কেন্দ্রীয় স্নায়ুতন্ত্রে খুবই গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। স্নায়ু কোষ নষ্ট হতে শুরু করলে এদের পরিমাণ কমে যায়।

4.20. নিউক্লিক অ্যাসিডের শ্রেণীবিভাগ :

অনেকগুলি নিউক্লিওটাইড মনোফসফেট পর পর জুড়ে বিরাট লম্বা শৃঙ্খল তৈরী করে নিউক্লিক অ্যাসিডের। এদেরকে কয়েক ভাগে ভাগ করা যায়।

নিউক্লিক অ্যাসিড

ডিঅক্সিরাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড (DNA)	রাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড (RNA)
1. ইউক্যারিওট কোষে এরা নিউক্লিয়াস, মাইটোকনড্রিয়া ও ক্লোরোপ্লাস্টে থাকে।	1. ইউক্যারিওট কোষে এরা নিউক্লিয়াসে তৈরী হয়ে এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকুলামে (ER) চলে যায় কাজের জন্য।
2. অ্যাডেনিন (A), গুয়ানিন (G), সাইটোসিন (C), থাইমিন (T) এবং ডিঅক্সিরাইবোজ সুগার থাকে।	2. অ্যাডেনিন (A), গুয়ানিন (G), সাইটোসিন (C) ইউরোসিল (U) এবং রাইবোজ সুগার থাকে।
3. ডবল হেলিক্যাল (দ্বিকুণ্ডলী) গঠন।	3. বেশীর ভাগ সময় একটি শৃঙ্খল ও তার কোন কোন অংশে হাইড্রোজেন বন্ধনীর জন্য ডবল দেখায়।
4. নিউক্লিয়াস, মাইটোকনড্রিয়া ও ক্লোরোপ্লাস্ট-এর DNA-র উপাদান ও কার্যপ্রণালী আলাদা তবে সকলেই কোষ বিভাজনের সময় বিভাজিত হয়।	4. তিন রকমের RNA থাকে সাধারণতঃ **mRNA**– DNA থেকে বার্তা নিয়ে যায় ER-এ **tRNA**– ER-তে aa বহন করে নিয়ে যায় **rRNA**– প্রোটীন তৈরীতে কাজে লাগে। আরেক শ্রেণীর RNA আছে যারা খুবই ছোট— SnRNA (Small nuclear RNA) এবং ScRNA (Small cytoplasmic RNA)

DNA :

প্রোক্যারিওটিক কোষে ডবল হেলিক্সএর রিং সমস্ত বংশগতির খবর বহন করে। কোষ পর্দার একটি অংশকে স্পর্শ করে কোষ সাইটোপ্লাজমে এটি থাকে। কোষ পর্দার ঐ অংশটিকে মেসোজোম বলে। 15,000-16,000-এর মতো নিউক্লিওটাইড জুড়ে নিউক্লিক অ্যাসিড তৈরী হয়— সাধারণতঃ প্রোক্যারিওটিক কোষে।

ইউক্যারিওটিক কোষে নিউক্লিয়ার DNA-এর ডবল হেলিক্সগুলি সরলরৈখিক— বৃত্তাকার নয়— $\approx 2,90,000 \times 10^3$ নিউক্লিওটাইড থাকে একটি শৃঙ্খলে।

DNA-যে বংশগতির ধারক তা কতকগুলি পরীক্ষা থেকে প্রমাণিত।

1. দুইরকমের নিউমোনিয়ার ব্যাক্টেরিয়া দেখা যায়— একটি রোগ উৎপাদন করতে পারে আরেকটি নয়। যেটি রোগ উৎপাদন করে তার DNA অন্যটিতে ঢুকিয়ে দিলে সেটিও রোগ উৎপাদন করতে পারে।
2. বিবর্তনের সূত্র ধরে যত উচ্চশ্রেণীর প্রাণী হবে তার DNA হবে ততখানি জটিল। ব্যাকটেরিয়াতে DNA-র পরিমাণ 0·01 পিকোগ্রাম (10^{-12} গ্রাম) প্রতি কোষে। যেখানে উচ্চশ্রেণীর প্রাণীতে DNA থাকে 6 কিলোগ্রাম প্রতিকোষে।

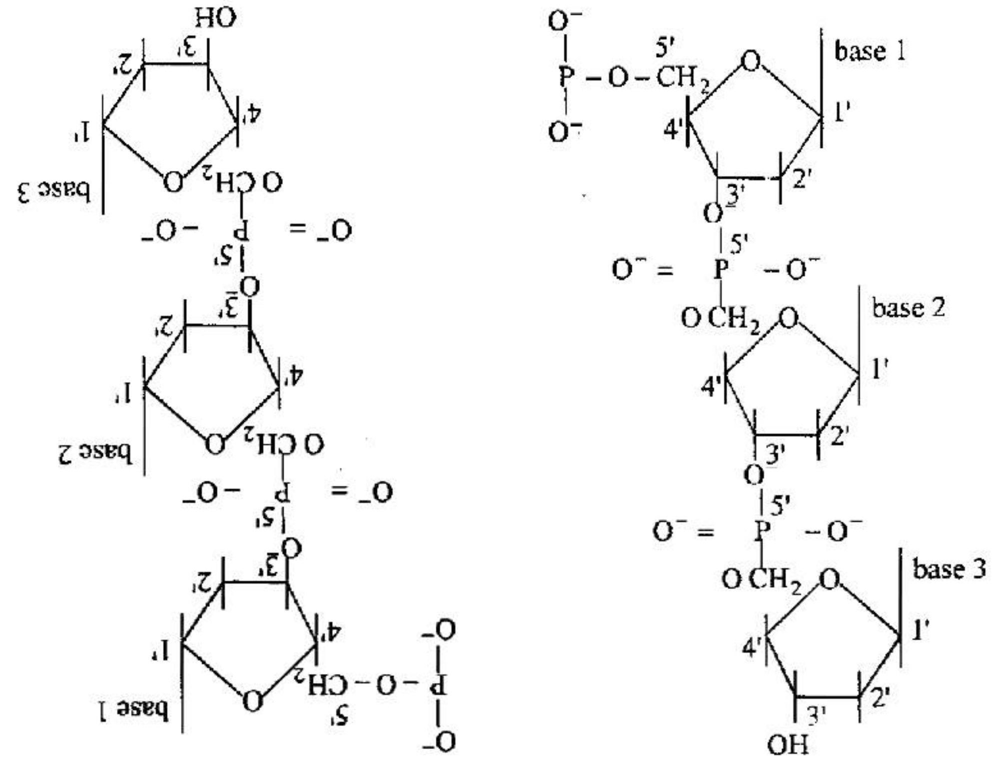
3. যখন ব্যাকটেরিওফাজ অর্থাৎ ব্যাকটেরিয়া আক্রমণকারী ভাইরাস ব্যাকটেরিয়ার কোষ আক্রমণ করে তখন তেজস্ক্রিয় সালফার প্রোটীন অণুতে ও তেজস্ক্রিয় ফসফরাস নিউক্লিক অ্যাসিডে দিয়ে দেখা গেছে, নতুন প্রজন্মে তেজস্ক্রিয় ফসফরাস আছে কিন্তু সালফার নেই।

4. সমস্ত প্রজাতিতে তাদের A + G = C + T সমান থাকবে— যে কোন কোষ নেওয়া হোক না কেন এই অনুপাত বদলাবে না।

ওয়াটসন্‌-ক্রিক্‌ মডেল :

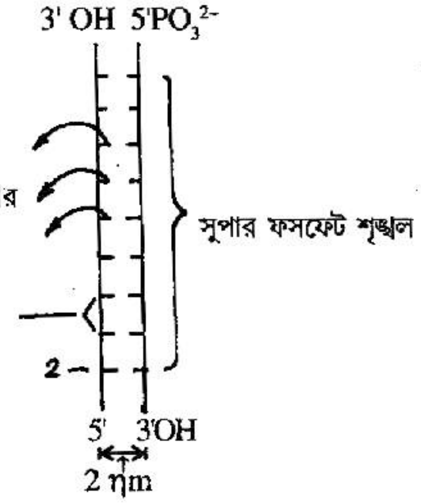
সকল রকমের ভৌত রাসায়নিক ক্রিয়া দেখার পর উপরিউক্ত দুই বৈজ্ঞানিক দেখান যে দুটি হেলিক্স পরস্পরকে পেঁচিয়ে আছে এবং তারপরে আরও অনেকবার পাক খেয়ে সুপার কয়েল (Super coil) তৈরী করে।

নিউক্লিক অ্যাসিডের যে দুটি শৃঙ্খল ডবল হেলিক্স করবে তারা অ্যান্টিপ্যারালাল চলবে অর্থাৎ একটির শুরু অপরটির শেষের সঙ্গে একসঙ্গে পেঁচিয়ে থাকবে।



দুটি হেলিক্স অ্যান্টিপ্যারালাল সজ্জায়

অর্থাৎ,

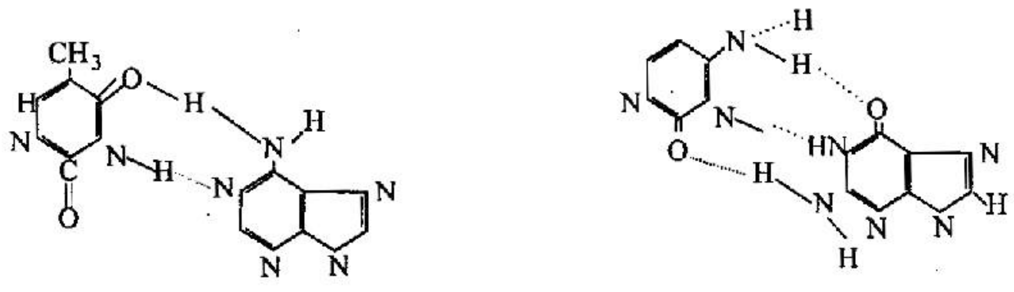


এই অবস্থায় জৈব ক্ষার দুটি মুখোমুখি সজ্জিত হলে পরস্পরের সঙ্গে H^+ বন্ধনী করে। কিন্তু আগাগোড়া হেলিক্স-এর ব্যাস 2·0 ন্যানোমিটার। অতএব দুটি ক্ষার A এবং G একই সঙ্গে থাকতে পারবে না— তাহলে ঐ অঞ্চলের ব্যাস বেড়ে যাবে। এবং C ও T-ও একসঙ্গে থাকতে পারবে না— তখন ঐ স্থানে ব্যাস অনেক কম হবে। অতএব পিউরিন-পিরিমিডিন— একসঙ্গে থাকবে। তারপরেও বিশ্লেষণ ও সংশ্লেষণ ধ্রুবক মেপে দেখা গেছে,

A-T-র সংশ্লেষণ ধ্রুবক = 100 (Association constant)

ও G-C-র সংশ্লেষণ ধ্রুবক = 10^4–10^5.

অতএব A-T ও G-C-র মুখোমুখি থাকবে ডবল হেলিক্স অ্যান্টি প্যারালাল সজ্জায়। A-T-র মধ্যে 2টি ও G-Cর মধ্যে 3টি হাইড্রোজেন বন্ধনী সম্ভব—



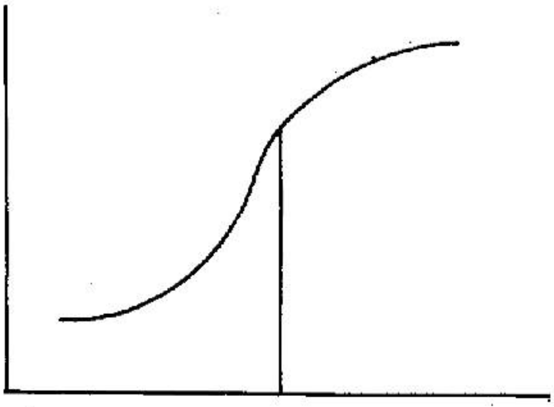
একই শৃঙ্খলে অবস্থিত দুটি ক্ষারের মধ্যে দূরত্ব 0·34 ন্যানোমিটার। দুটি ক্ষারের অ্যারোমেটিক রিং-এর মধ্যে একটি হাইড্রোফোবিক আকর্ষণ আছে— তাকে বলে স্ট্যাকিং ইন্ট্যারাকশন।

অতগুলি ফসফেটের জন্য সমগ্র শৃঙ্খলটিতে ঋণাত্মক তড়িৎ-এর প্রভাব থাকে।

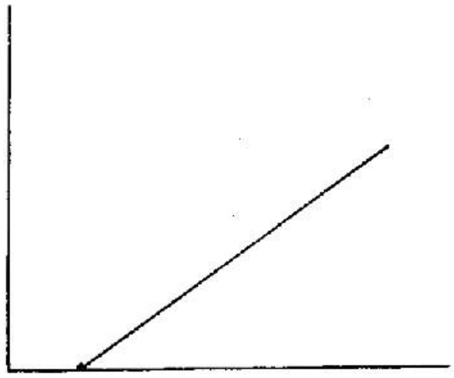
যতগুলি নিউক্লিওটাইড বা ক্ষার থাকে ততগুলিই H-বন্ধনী থাকে। অতএব বাইরে থেকে তাপ দিলে ঐ বন্ধনীগুলি আস্তে আস্তে খুলে যায় ও ডবল হেলিক্স তার রূপ পাল্টায়।

এই অ্যারোমেটিক ক্ষারগুলি হাইড্রোজেন বন্ধনী করে থাকলে কম আলোক শোষণ করে 260-280 ন্যানোমিটার তরঙ্গ দৈর্ঘ্যে। বাইরে থেকে তাপ দিলে যখন H-বন্ধনী খুলে যায় তখন শোষণ বেড়ে যায়। অতএব একটি লেখচিত্র যদি আঁকা যায়— ছবিটি হবে নিম্নরূপ। তাপ ও আলোক শোষণের এই ঘটনাটিকে হাইপারক্রোসিক প্রভাব হলে (Hypercrocic effect)।

যেহেতু $G \equiv C$-তে তিনটি H-বন্ধনী থাকে সুতরাং যেখানে $G \equiv C$ জোড় আছে সেখানে বেশী তাপ দিতে হয়



জোড় খুলতে। এখানেও একটি লেখচিত্রের সাহায্যে সম্পর্কটি বোঝানো যেতে পারে—

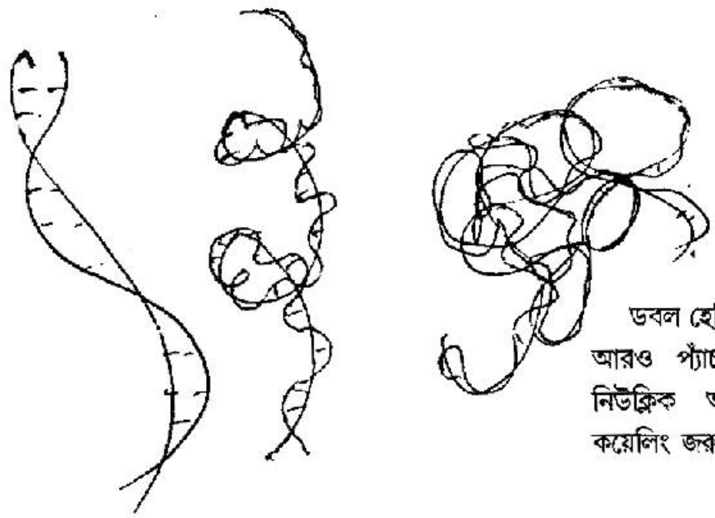


DNA-কে CsCl-এর বিভিন্ন ঘনত্বের একটি গ্র্যাভিয়েন্ট করে বিভিন্ন দৈর্ঘ্যের DNA-কে আলাদা করা যেতে পারে। GC-র সংখ্যা বেশী থাকলে DNA বেশী ভারী হয়। দৈর্ঘ্য ও GC-র সংখ্যা অনুযায়ী আলাদা হবে।

←DNA তার

← CsCl গ্রেডিয়েন্ট

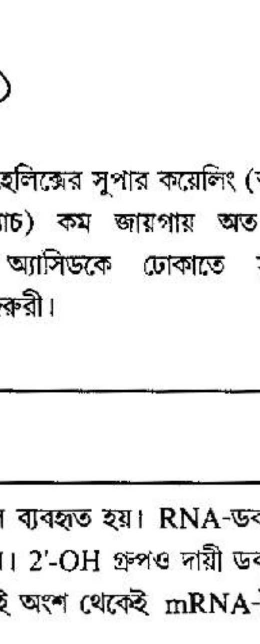
ওয়াটসন্ ক্রিক মডেলের DNA অর্থাৎ DNA B একবার পেঁচালো (টার্ন) তাতে 10টি ক্ষার থাকার সম্ভাবনা। অতএব একটি টার্নের দৈর্ঘ্য 3·4 ন্যানোমিটার।



ডবল হেলিক্সের সুপার কয়েলিং (অর্থাৎ আরও প্যাঁচ) কম জায়গায় অত বড় নিউক্লিক অ্যাসিডকে ঢোকাতে সুপার কয়েলিং জরুরী।

4.22. RNA ঃ

mRNA— এটি একটি লম্বা শৃঙ্খল যাতে থাইমিন ক্ষারের বদলে ইউরাসিল ব্যবহৃত হয়। RNA-ডবল হেলিক্স না হওয়ার একটি কারণ এই ইউরাসিল ক্ষার। A-U-র সংশ্লেষণ ধ্রুবক খুবই কম। 2'-OH গ্রুপও দায়ী ডবল হেলিক্স না করতে দেওয়ার ব্যাপারে। DNA-র যে অংশ একটি জীন নির্দেশ করে, সেই অংশ থেকেই mRNA-তৈরী হয়ে ER-এ যায় (ঐ জীন অনুযায়ী প্রোটীন তৈরী করতে)।



t-RNA– এটিকে দেখতে অনেকটা ফোলা। এই অংশগুলি ছাড়া বাকী অংশে H-বন্ধনী আছে। নীচের তিনটি ক্ষারকে একসঙ্গে অ্যান্টিকোডন বলা হয়। 3'OH গ্রুপ অ্যামিনো অ্যাসিড বহন করে নিয়ে যায় প্রোটীন তৈরীর সময়।

r-RNA– রাইবোজোমের সাহায্য নিয়ে mRNA-র ওপরে প্রোটীন তৈরী হয়। রাইবোজোম কিছু প্রোটীন ও কিছু RNA (সোজা) থাকে। ঐ RNAগুলিও প্রোটীন তৈরীতে সাহায্য করে।

DNA-তে অ্যাসিড দিলে বা pH পরিবর্তন করলে DNA-র হেলিক্স নষ্ট হয়ে যায়। কারণ DNA-তে অনেক ঋণাত্মক তড়িৎ থাকে PO_3^{2-}— গ্রুপের জন্য।

অ্যাসিড দিয়ে ফোটালে পিউরিন ক্ষার খুলে যায়— তখন তাকে অ্যাপিউরিনিক অ্যাসিড বলে।

অ্যালকালি বা ক্ষার দিলে DNA-তে আর্দ্র বিশ্লেষণ হয় না।

কিন্তু RNA-তে ক্ষার দিয়ে আর্দ্রবিশ্লেষণ করা সম্ভব— এটিও 2'-OH গ্রুপের জন্য সম্ভব।

4.23. প্রশ্নাবলী :

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন :

1। ক) অ্যামাইলোজের গ্লুকোজে কী বন্ধনী আছে?

খ) গ্যালাক্টোজ ও ফ্রুক্টোজ কি একই রকম সুগার?

গ) কার্বন 2টি অ্যানোমারিক কার্বন এমন একটি সুগারের উদাহরণ কী?

ঘ) দুটি সংরক্ষিত কার্বোহাইড্রেটের নাম কী কী?

2। ক) স্টিয়ারিক অ্যাসিড ও অলিক অ্যাসিডের মধ্যে গলনাঙ্কের এত পার্থক্য কেন?

খ) ফসফোলিপিড কি জলে দ্রবণীয়?

গ) ট্রাইগ্লিসারাইডের কাজ কী?

3। ক) DNA-তে অ্যাসিড দিলে কী হবে?

খ) DNA-তে কী কী ক্ষার থাকে?

গ) RNA-কেন ডবলহেলিক্স করে না?

দীর্ঘ উত্তরের প্রশ্ন :

1। ক) জীবিত কোষে পাওয়া যায় এমন সুগার-এর সম্বন্ধে বিশদ আলোচনা।

খ) গ্লাইকোজেন ও স্টার্চের তুলনামূলক আলোচনা।

2। ক) কোষপর্দার বিস্তৃত আলোচনা।

খ) ননস্যাপোনিফিয়েব্‌ল লিপিডের আলোচনা।

3। ক) RNA ও DNA-র তুলনামূলক আলোচনা।

খ) ওয়াটসন-ক্রিক্‌ মডেলের বিস্তৃত আলোচনা।