3.1. উৎসেচক বা এনজাইম (Enzyme)

সূচনা (Introduction) ঃ প্রতিটি সজীব কোশে বিপাক ক্রিয়ার ফলে বিভিন্ন জৈববস্তুর গঠন, ভাঙন, রূপান্তর ইত্যাদি প্রতিনিয়তই ঘটছে। এই প্রক্রিয়ায় একটি জৈববস্তু ধাপে ধাপে বিভিন্ন জৈবরাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে নানাপ্রকার অন্তর্বর্তী জৈব যৌগ গঠনের মাধ্যমে অবশেষে লব্ধ পদার্থ বা উৎপাদিত পদার্থে পরিণত হয়। জীবকোশের এইরূপ বিপাকে প্রত্যেক জৈবরাসায়নিক বিক্রিয়া বিশেষ জৈব যৌগের উপস্থিতিতে ঘটে যা অনুঘটক হিসেবে কাজ করে বিক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে কিন্তু নিজে সরাসরি বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না এবং বিক্রিয়া শেষে অপরিবর্তিত থাকে। কোশীয় বিপাকের বিভিন্ন জৈবরাসায়নিক বিক্রিয়ার ধাপে উপস্থিত এইসব জৈব অনুঘটককে উৎসেচক বলে।

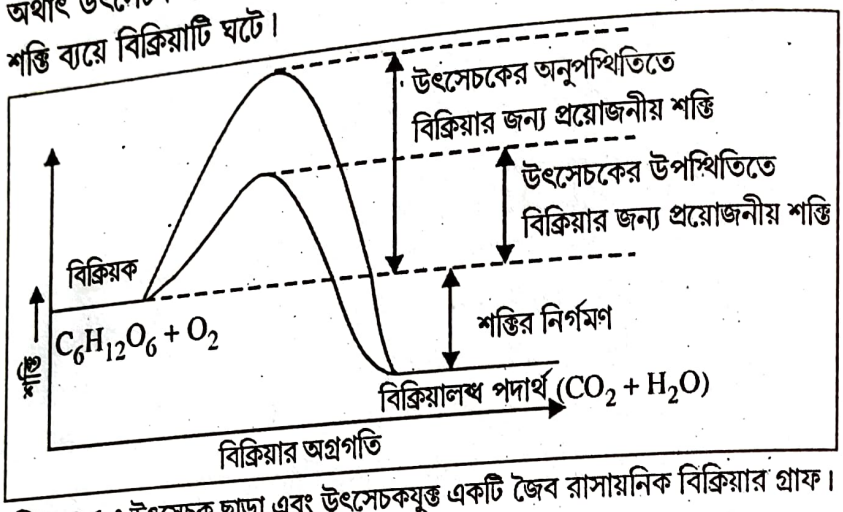
উৎসেচকের আবিষ্কার (Discovery of enzyme).

- 1800 খ্রিস্টাব্দের শেষের দিকে প্রাণীদেহে অনুঘটন ক্রিয়া লক্ষ করা যায়।
- 1825 সালে **জন জ্যাকব বার্জেলিয়াস** (Jon Jakob Berzelius) উল্লেখ করেন যে জীবিত কোশ থেকে উৎপন্ন কিছু পদার্থ অনুঘটকের মতো কাজ করে।
- 1850 সালে ঈস্টের সাহায্যে শর্করার অ্যালকোহলে পরিণত হওয়ার মধ্যেও একই ঘটনার উল্লেখ করেন **লুই পাস্তুর**।
- 1878 সালে **উইলহেম কুন** (Wilhelm Kuhne) অনুঘটনধর্মী এইসব পদার্থের নাম দেন এনজাইম (in leaven)।
- 1897 সালে **এডওয়ার্ড বুকনার** (Eduard Buchner) কোশ থেকে কয়েকটি -উৎসেচক নিষ্কাশনে সমর্থ হন, যা একটি যুগান্তকারী আবিষ্কার হিসাবে চিহ্নিত করা যায়।
- 1926 সালে **জেমস সামনার** (James Sumner) প্রথম বিশুদ্ধ কেলাস হিসাবে উৎসেচক (ইউরিয়েজ) নিষ্কাশন করেন এবং তাঁর গবেষণা থেকে উৎসেচক প্রোটিনধর্মী তা প্রথম জানা যায়।
- 1930 সালে **জন নরথ্রোপ** (John Northrop) ও তার সহকর্মীরা পেপসিন ও ট্রিপসিনকে কেলাস হিসাবে নিষ্কাশন করেন এবং উল্লেখ করেন যে এরাও প্রোটিন প্রকৃতির।
- 1935 সালে **স্ট্যানলে** (Stanley) টোবাকো মোজেইক ভাইরাসের প্রোটিন নিষ্কাশনে সমর্থ হন।
- 1947 সালে **সামনার, নরথ্রোপ** এবং **স্ট্যানলে** এই তিনজন বিজ্ঞানী তাদের অবদানের জন্য রসায়নে **নোবেল পুরস্কার** লাভ করেন।

বিক্রিয়া সক্রিয়করণের শক্তি (Energy of Activation of reaction)

সংজ্ঞা (Definition) ঃ জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বিভিন্ন পদার্থের অণুগুলিকে সক্রিয় করার জন্য যে শক্তি ব্যয়িত হয় তাকে বিক্রিয়া সক্রিয়করণের শক্তি বলে।

উৎসেচক এবং বিক্রিয়া সক্রিয়করণের শক্তির সম্পর্ক (Relation between Enzyme and Energy of Activation of reaction) : নির্দিষ্ট উৎসেচকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়া সক্রিয়করণের শক্তি কম লাগে। অর্থাৎ উৎসেচক কোনো নির্দিষ্ট বিক্রিয়া সক্রিয়করণের শক্তি কমিয়ে দেয় বা উৎসেচকের উপস্থিতিতে কম শক্তি ব্যয়ে বিক্রিয়াটি ঘটে।



চিত্র 3.1 : উৎসেচক ছাড়া এবং উৎসেচকযুক্ত একটি জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ার গ্রাফ।

উদাহরণ (Example) : সবাত শ্বসনে গ্লুকোজ ($C_6H_{12}O_6$) এবং অক্সিজেন বিক্রিয়া করে শক্তি, CO_2 এবং জল উৎপন্ন করে। উৎসেচকের অনুপস্থিতিতে এই বিক্রিয়ার জন্য বেশি শক্তি লাগে, কিন্তু উৎসেচকের উপস্থিতিতে এই বিক্রিয়াতে কম শক্তি ব্যয় হয়।

উৎসেচকের সংজ্ঞা (Definition of Enzyme) : প্রধানত প্রোটিন জাতীয়, উষ্ণতা অসহিষ্ণু কোলয়েড প্রকৃতির যে জৈব অনুঘটক জীবকোশে উৎপন্ন হয়ে নির্দিষ্ট সাবস্ট্রেটের উপর ক্রিয়া করে কোনো জৈবরাসায়নিক প্রক্রিয়াকে তরান্বিত করে ও বিক্রিয়াশেষে অপরিবর্তিত থাকে তাকে উৎসেচক বা এনজাইম বলে।

উৎসেচকের প্রকারভেদ (Types of Enzyme) : ইন্টারন্যাশনাল ইউনিয়ন অফ্ বায়োকেমিস্ট্রির (International Union of Biochemistry, 1964) মত অনুযায়ী উৎসেচককে প্রধানত ছয়টি ভাগে ভাগ করা যায়—

[1] অক্সিডোরিডাক্টেজ (Oxidoreductase)—এই বিভাগের অন্তর্গত উৎসেচকগুলি জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়ায় নিয়োজিত হয়। **উদাহরণ**—অ্যালকোহল ডিহাইড্রোজিনেজ।

(i) **সাধারণ বিক্রিয়া**— জারণ → বিজারণ

$$AH_2 + C \rightarrow A + CH_2$$

(ii) **উদাহরণ**—1, 3-বিস্ফসফোগ্লিসারিক অ্যাসিড $\underset{\text{ডিডাইড্রোজিনেজ}}{\overset{\text{ট্রায়োজ-ফসফেট}}{\rightleftharpoons}}$ 3-ফসফোগ্লিসার‍্যালডিহাইড + $NADP + H^+$

[2] ট্রান্সফারেজ (Transferase)—এই উৎসেচকগুলি একটি যৌগ থেকে অন্য যৌগে বিভিন্ন রাসায়নিকমূলক (গ্রুপ) গুলিকে স্থানান্তরিত করে। **উদাহরণ**—হেক্সোকাইনেজ।

(i) **সাধারণ বিক্রিয়া**— $A - X + C \rightarrow A + C - X$

(ii) **উদাহরণ**— সেরিন + গ্লাইঅক্সালেট $\underset{\text{অ্যামাইনো ট্রান্সফারেজ}}{\overset{\text{সেরিন-গ্লাইঅক্সালেট}}{\rightleftharpoons}}$ হাইড্রোক্সিপাইরুভেট + গ্লাইসিন

[3] হাইড্রোলেজ (Hydrolase)—এই বিভাগের উৎসেচকগুলি বিভিন্ন পদার্থের আর্দ্রবিশ্লেষণ ঘটায়। **উদাহরণ—লাইপেজ।**

(i) **সাধারণ বিক্রিয়া**— $A - C + H_2O \rightarrow AH + COH$

(ii) **উদাহরণ**— সুক্রোজ + $H_2O \xrightarrow{\text{সুক্রেজ}}$ গ্লুকোজ + ফ্রুকটোজ

[4] লাইয়েজ (Lyase)—এই সমস্ত উৎসেচকগুলির উপস্থিতিতে জল, CO_2, অ্যামোনিয়া ইত্যাদি যুক্ত বা বিমুক্ত হয়। **উদাহরণ**—ফিউমারেজ।

(i) **সাধারণ বিক্রিয়া**— $A - C + P - Q \rightarrow AP - CQ$

(ii) **উদাহরণ**—ম্যালিক অ্যাসিড $\xrightarrow{\text{ফিউমারেজ}}$ ফিউম্যারিক অ্যাসিড + H_2O

[5] আইসোম্যারেজ (Isomerase)—এই বিভাগের উৎসেচকগুলি সাবস্ট্রেটের (বিক্রিয়কের) সজ্জাবিন্যাসের পরিবর্তন ঘটিয়ে অন্য যৌগ উৎপাদনে অংশগ্রহণ করে। **উদাহরণ**—ট্রায়োজ ফসফেট আইসোম্যারেজ।

(i) **সাধারণ বিক্রিয়া**— $A \rightarrow A'$

(ii) **উদাহরণ**—গ্লুকোজ-6-ফসফেট $\xrightarrow[\text{আইসোম্যারেজ}]{\text{ফসফোহেক্সোজ}}$ ফ্রুক্টোজ-6-ফসফেট

[6] লাইগেজ (Ligase)—এই সমস্ত উৎসেচকেরা দুটি সাবস্ট্রেটের মধ্যে সংযোগ স্থাপন করে নতুন যৌগের সৃষ্টি করে। **উদাহরণ**—সাকসিনিক থায়োকাইনেজ।

(i) **সাধারণ বিক্রিয়া**— $A + C \rightarrow A - C$

(ii) **উদাহরণ**—সাক্সিনিক অ্যাসিড + কো-এনজাইম-A + GTP $\xrightarrow[\text{থায়োকাইনেজ}]{\text{সাকসিনিক}}$ সাকসিনিল কো-এনজাইম + GDP + Pi

উপরোক্ত সমস্ত বিভাগের উৎসেচকগুলিকে আবার বিভিন্ন উপবিভাগ এবং উপবিভাগগুলিকে আবার বিভিন্ন উপ-উপবিভাগে ভাগ করা হয়।

▣ উৎসেচকের রাসায়নিক প্রকৃতি (Chemical nature of Enzyme) ঃ

1. প্রধানত সমস্ত উৎসেচক **প্রোটিনধর্মী** (ব্যতিক্রম ঃ রাইবোজাইম যা RNA প্রকৃতির)। এরা সরল বা সংযুক্ত প্রোটিন। সরল প্রোটিন হলে কেবলমাত্র অ্যামাইনো অ্যাসিড দিয়ে এবং সংযুক্ত প্রোটিন হলে অ্যামাইনো অ্যাসিড ও একটি প্রোটিন বিহীন অংশ দিয়ে উৎসেচক গঠিত হয়। উৎসেচকের প্রোটিনযুক্ত অংশটিকে **অ্যাপোএনজাইম** (apoenzyme) এবং প্রোটিনবিহীন অংশটিকে **প্রোস্থেটিক গ্রুপ** (Prosthetic group) বা **কো-এনজাইম** (Co-enzyme) বলে। উৎসেচক যখন সংযুক্ত প্রোটিনধর্মী হয় তখন তার অ্যাপোএনজাইম ও কো-এনজাইম অংশ দুটিকে একত্রে **হলোএনজাইম** বলে।

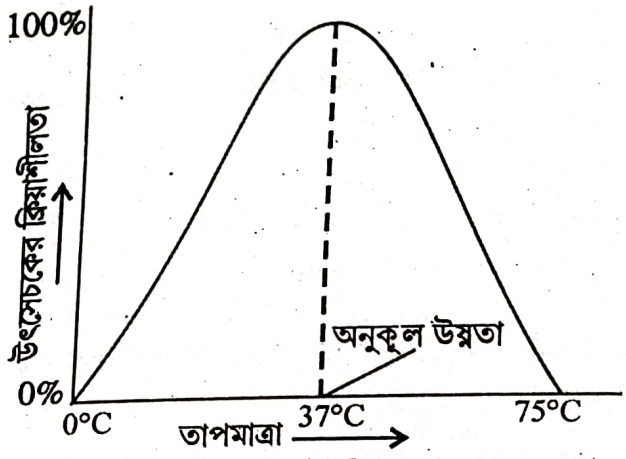
হলোএনজাইম (সম্পূর্ণ উৎসেচক) $\longrightarrow$ অ্যাপোএনজাইম (প্রোটিনযুক্ত অংশ) + কো-এনজাইম (প্রোটিনবিহীন অংশ)

2. উৎসেচক প্রধানত প্রোটিনধর্মী হওয়ায় কোলয়ডীয় হয় ও ঝিল্লি-বিশ্লেষণ যোগ্য নয়।
3. উৎসেচকের অণু বৃহদাকার এবং অধিক আণবিক ওজন বিশিষ্ট হয়।
4. উৎসেচকরা উষ্ণতা অসহিষ্ণুতা প্রদর্শন করে অর্থাৎ এরা অধিক বা কম উষ্ণতায় নিজেদের আণবিক আকৃতির পরিবর্তন ঘটায়। বেশি তাপ প্রয়োগে উৎসেচক প্রোটিনের মতো তঞ্চিত হয় ও নিষ্ক্রিয় হয়ে যায়।
5. উৎসেচকের অ্যাপোপ্রোটিন অংশটি আর্দ্রবিশ্লেষণে অ্যামাইনো অ্যাসিড উৎপন্ন করে।
6. উৎসেচক প্রধানত জল, অ্যালকোহল ও গ্লিসারলে দ্রবণীয়।
7. প্রত্যেকটি উৎসেচকে সক্রিয়মূলক বা ক্রিয়াকেন্দ্র থাকে যা বিভিন্ন উৎসেচকে বিভিন্ন প্রকৃতির হয়।

▣ উৎসেচকের ক্রিয়াশীলতার উপর প্রভাব বিস্তারকারী প্রভাবক সমূহ (Factors affecting Enzyme action) ঃ

[1] অনুকূল উষ্ণতা (Optimum temperature) ঃ প্রত্যেকটি উৎসেচক একটা নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সবচেয়ে বেশি ক্রিয়াশীল হয়। যে তাপমাত্রায় উৎসেচকটি সবচেয়ে বেশি ক্রিয়াশীলতা প্রদর্শন করে সেই তাপমাত্রাকে ওই নির্দিষ্ট উৎসেচকের অনুকূল উষ্ণতা বলে। মানুষের ক্ষেত্রে এটি সাধারণত 37°C হয়। জীব

দেহে অনুকূল উষ্ণতা সাধারণত 30°C-50°C এর মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। কোনো একটি উৎসেচকের ক্রিয়াশী



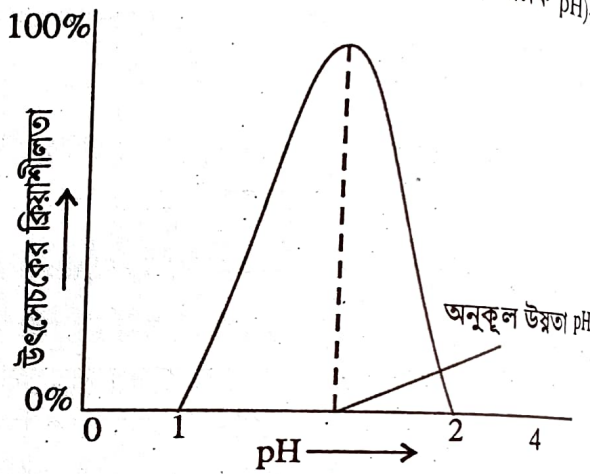
চিত্র 3.2 : উৎসেচকের ক্রিয়াশীলতার উপর তাপমাত্রার প্রভাব।

তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বৃদ্ধি পেতে থাকে
তার অনুকূল উষ্ণতায় ক্রিয়াশীলতা সবচেয়ে বেশি
কারণ অনুকূল উষ্ণতায় উৎসেচক ও সাবস্ট্রে
অণুগুলো সবচেয়ে বেশি গতিশীলতা প্রদর্শন ক
কিন্তু তাপমাত্রা অনুকূল উষ্ণতার থেকে আরও
পেলে উৎসেচকের ডিন্যাচুরেশন বা বিকলন হ
থাকে ও উৎসেচকের ক্রিয়াশীলতা ক্রমশ হ্রাস পা

[2] অনুকূল pH (Optimum pH) : প্রত্যে
উৎসেচক একটি নির্দিষ্ট হাইড্রোজেন আয়নের গাঢ়
সবচেয়ে বেশি ক্রিয়াশীলতা প্রদর্শন করে। যেমন—
পাকস্থলী রসের পেপসিন pH-2 (আম্লিক pH)-এ

সবচেয়ে বেশি ক্রিয়াশীল হয় কিন্তু অগ্ন্যাশয় রসের ট্রিপসিন সবচেয়ে বেশি ক্রিয়াশীল হয় pH-8.3 (ক্ষারীয় pH)-এ।

হাইড্রোজেন আয়ন প্রধানত উৎসেচকের সক্রিয়মূলক বা ক্রিয়াকেন্দ্রের (activesite) অ্যামাইনো অ্যাসিডের আয়োনিক মাত্রাকে (ionic charge) প্রভাবিত করে। এছাড়াও হাইড্রোজেন আয়ন সাবস্ট্রেট ও উৎসেচক-সাবস্ট্রেট যৌগের আয়োনিক মাত্রাকে প্রভাবিত করে।



চিত্র 3.3 : উৎসেচক ক্রিয়াশীলতার উপর pH-এর প্রভাব।

[3] উভয়মুখিত্ব (Reversibility) : প্রধানত উৎসেচক উভয়মুখী জৈবরাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটায় অর্থাৎ সাবস্ট্রেটের সাথে বিক্রিয়া করে যে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলো উৎপন্ন হয়, সেই উৎপাদিত পদার্থগুলোর উপর ক্রিয়াশীল হয়ে আবার সেই সাবস্ট্রেট তৈরি করতে পারে। প্রত্যেক দিকের সাবস্ট্রেটের ঘনত্ব উৎসেচকের ক্রিয়ার দিক নির্ধারণ করে।

$$A + B \underset{}{\overset{\text{উৎসেচক}}{\rightleftharpoons}} C + D$$

[4] সাবস্ট্রেটের ঘনত্ব (Substrate concentration) : উৎসেচক নিয়ন্ত্রিত জৈবরাসায়নিক বিক্রিয়ার হার সাবস্ট্রেটের ঘনত্বের উপর নির্ভর করে। সাবস্ট্রেটের ঘনত্ব বৃদ্ধি পেলে একটা নির্দিষ্ট মান পর্যন্ত উৎসেচকের ক্রিয়াশীলতা বৃদ্ধি পায়।

[5] বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের ঘনত্ব (Product concentration) : উৎপাদিত পদার্থের পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে উৎসেচক দ্বারা নিয়ন্ত্রিত বিক্রিয়ার হার কমে যেতে থাকে অর্থাৎ কম পদার্থ উৎপাদিত হয়। একে **ফিডব্যাক ইনহিবিশন** (Feedback inhibition) বা **প্রোডাক্ট ইনহিবিশন** (Product inhibition) বলে।

[6] প্রতিরোধকের উপস্থিতি (Presence of Inhibitor) : কিছু কিছু পদার্থের উপস্থিতিতে উৎসেচকের অনুঘটন বিক্রিয়ার হার কমে যায়। এইসব পদার্থগুলিকে **প্রতিরোধক** বা **ইনহিবিটর** (Inhibitor) বলে।

[7] আবিষ্টকের উপস্থিতি (Presence of Inducer) : কোনো কোনো জৈব যৌগের উপস্থিতিতে উৎসেচকের অনুঘটন বিক্রিয়ার হার বেড়ে যায়। এই জৈব যৌগকে **আবিষ্টক** (Inducer) বলে।

[8] দ্রাব্যতা (Solubility) ঃ উৎসেচক জল, সোডিয়াম ক্লোরাইড, অ্যালকোহল ও গ্লিসারলে দ্রবণীয়।

3.2 সহউৎসেচক বা কোএনজাইম (Coenzyme)

সংজ্ঞা (Definition) ঃ উৎসেচক বা এনজাইমের প্রোটিনবিহীন জৈব পদার্থ যা উৎসেচকের বা এনজাইমের সাথে যুক্ত থেকে তার কাজকে উদ্দীপিত করে তাদের সহউৎসেচক বা কোএনজাইম বলে।

উদাহরণ ঃ নিকোটিন অ্যাডেনাইন ডাইনিউক্লিওটাইড (Nicotine adenine dinucleotide or NAD). নিকোটিন আডেনাইন ডাইনিউক্লিওটাইড ফসফেট (Nicotine adenine dinucleotide phosphate or NADP). কোএনজাইম-A (Coenzyme A) পাইরিডক্সাল ফসফেট (Pyridoxal phosphate). বায়োটিন (Biotin) ইত্যাদি।

বৈশিষ্ট্য (Features) ঃ 1. সহউৎসেচক বা কোএনজাইম একপ্রকার জৈব কোফ্যাক্টর।
2. প্রোটিন বিহীন জৈব অণু।
3. উৎসেচকের বা এনজাইমের সক্রিয় স্থলে (active site) যুক্ত হয়।
4. সহউৎসেচক বা কোএনজাইম প্রায়শই মধ্যবর্তী ইলেক্ট্রন বাহক হিসাবে কাজ করে।
5. ইলেক্ট্রনের স্থানান্তরণ ঘটিয়ে অক্সিডেটিভ ফস্‌ফোরিলেশনে অংশগ্রহণ করে।

কাজ (Functions) ঃ 1. উৎসেচক বা এনজাইমের ক্রিয়াশীলতা বৃদ্ধি করে।
2. উৎসেচকের সক্রিয় স্থানে যুক্ত হয়ে ক্যাটালাইসিস প্রক্রিয়াকে তরান্বিত করে।
3. ইলেক্ট্রন বাহক হিসাবে কাজ করে।
4. ইলেক্ট্রনের স্থানান্তরণ ঘটিয়ে প্রান্তীয় শ্বসনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

3.3. আইসোজাইম (Isozyme)

সংজ্ঞা (Definition) ঃ যেসব উৎসেচক ভিন্ন ভিন্ন জিন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়ে বিভিন্ন অ্যামাইনো অ্যাসিড সম্পন্ন হয় কিন্তু একই অনুঘটন প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে তাদের আইসোজাইম বা আইসোএনজাইম বলে।

উদাহরণ (Example) ঃ (i) **ল্যাকটেট** ডিহাইড্রোজিনেজ (Lactate dyhydrogenase or LDH) উৎসেচক দু-প্রকারের হয়, যেমন—M-টাইপ ও H-টাইপ, M-টাইপের উৎসেচক কঙ্কাল পেশিতে বা ঐচ্ছিক পেশিতে ও যকৃতে এবং H-টাইপের উৎসেচক হৃৎপেশিতে ক্রিয়াশীল হয়। এই H ও M টাইপ আবার গঠনগতভাবে মোট পাঁচ প্রকারে হয়। এগুলি হল—

LDH_1—হৃৎপিণ্ড ও লোহিত রক্তকণিকায় পাওয়া যায়।

LDH_2—হৃৎপিণ্ড ও লোহিত রক্তকণিকায় পাওয়া যায়।

LDH_3—মস্তিষ্ক ও বৃক্কে পাওয়া যায়।

LDH_4—কঙ্কাল পেশি ও যকৃতে পাওয়া যায়।

LDH_5—কঙ্কাল পেশি ও যকৃতে পাওয়া যায়।

(ii) একপ্রকার গ্লুকোকাইনেজ (Glucokinase) যকৃত কোশে গ্লাইকোজেন উৎপাদন শুরু করে আবার আর একপ্রকার গ্লুকোকাইনেজ অগ্ন্যাশয়ের B কোশে (β-কোশ) থেকে ইনসুলিন ক্ষরণে সাহায্য করে।

■ **বৈশিষ্ট্য (Features) :** 1. আইসোজাইম একই উৎসেচকের বিবিধ রূপ।
2. অ্যামাইনো অ্যাসিডের অবস্থানের পরিবর্তনের জন্য আইসোজাইমের সৃষ্টি হয়।
3. কলাকোশ সাপেক্ষে এরা ক্রিয়াশীল হয়।

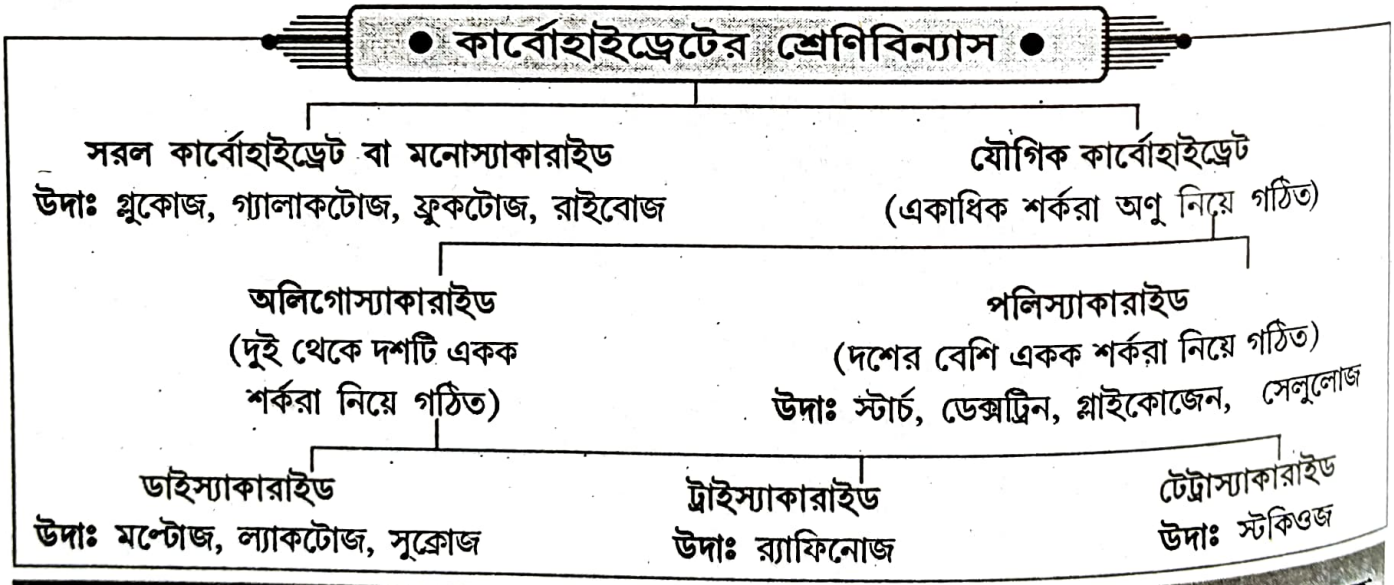
■ **কাজ (Functions) :** 1. বিভিন্ন কলাকোশে অবস্থান করে নানাবিধ জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।
2. কলাকোশ সাপেক্ষে অবস্থান করে বলে নির্দিষ্ট কলাকোশের কাজ নির্ণয় করা সম্ভব।
3. আইসোজাইমকে বায়োলজিকাল মার্কার (Biological marker) হিসাবে ব্যবহার করা হয়।
4. বিভিন্ন রোগ নির্ণয়ে আইসোজাইম গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

4.1. কার্বোহাইড্রেট (Carbohydrate)

■ **কার্বোহাইড্রেটের সংজ্ঞা (Definition of Carbohydrates) : প্রধানত কার্বন, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের সমন্বয়ে গঠিত যে সমস্ত পলিহাইড্রক্সি অ্যালকোহল অ্যালডিহাইড বা কিটোন নিয়ে গঠিত হয় তাদের কার্বোহাইড্রেট বলে।**

■ **উদাহরণ (Examples) :** শ্বেতসার বা স্টার্চ, গ্লাইকোজেন, গ্লুকোজ, সুক্রোজ ইত্যাদি।

■ **কার্বোহাইড্রেটের শ্রেণিবিন্যাস (Classification of Carbohydrates) :** কার্বোহাইড্রেটকে সাধারণভাবে স্যাকারাইডস্ (গ্রিক কথা স্যাকারন সুগার) বলা হয়ে থাকে। এদের প্রধানত **তিনটি** ভাগে ভাগ করা হয়, যেমন— **মনোস্যাকারাইড বা এক শর্করা, অলিগোস্যাকারাইড** এবং **পলিস্যাকারাইড বা বহুশর্করা।** অলিগোস্যাকারাইড সাধারণত দুই থেকে দশটি শর্করা দিয়ে গঠিত হয় এবং পলিস্যাকারাইড দশের অধিক শর্করা দিয়ে গঠিত হয়। দুটি শর্করা বিশিষ্ট অলিগোস্যাকারাইডকে ডাইস্যাকারাইড বা দ্বিশর্করা নামেও অভিহিত করা হয়। মনোস্যাকারাইড ও অলিগোস্যাকারাইড, স্বাদে মিষ্টি, জলে দ্রবণীয় এবং কেলাসাকৃতির হয় বলে এদের সাধারণভাবে **সুগার** (Sugar) বলা হয়।



▲ **[1] মনোস্যাকারাইড বা একশর্করা (Monosaccharides) :** গ্রিক—*Mono* = এক; *Sakkharon* = শর্করা

উদাহরণ (Examples) : গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ, গ্যালাকটোজ, ম্যানোজ, রাইবোজ ইত্যাদি।

মনোস্যাকারাইডের শ্রেণিবিন্যাস (Classification of monosaccharides) : মনোস্যাকারাইড বা একশর্করা হল কার্বোহাইড্রেটের সরলতম শর্করা। এদের সাধারণ সংকেত হল $C_n(H_2O)_n$ এবং এদের আর্দ্রবিশ্লেষণ সম্ভব নয়। মনোস্যাকারাইডকে কার্যকারী গ্রুপ ও কার্বন সংখ্যার উপর ভিত্তি করে ভাগ করা হয়ে থাকে, যেমন—

[1] কার্যকারী গ্রুপের উপর নির্ভর করে শ্রেণিবিভাগ (Classification on the basis of functional group) : মনোস্যাকারাইডকে কার্যকারী গ্রুপের উপর ভিত্তি করে **দু-ভাগে** ভাগ করা হয়ে থাকে, যথা **অ্যাল্‌ডোজ** ও **কিটোজ**।

(i) **অ্যাল্‌ডোজ (Aldose) :** যে সমস্ত মনোস্যাকারাইডের কার্যকারী গ্রুপটি অ্যালডিহাইড $\left(\begin{matrix}H\\|\\-C=O\end{matrix}\right)$, তাকে **অ্যাল্‌ডোজ সুগার** বলে। **উদাহরণ**— গ্লুকোজ।

(ii) **কিটোজ (Ketose) :** যে সমস্ত মনোস্যাকারাইডের কার্যকারী গ্রুপটি কিটো $\left(\begin{matrix}|\\-C=O\end{matrix}\right)$, তাকে **কিটোজ সুগার** বলে। **উদাহরণ**—ফ্রুকটোজ।

বিজারণধর্মী এবং অবিজারণধর্মী শর্করা

1. **বিজারণধর্মী শর্করা**—যেসব শর্করাতে অ্যালডিহাইড (– CHO) কিংবা কিটো (C=O) নামে বিজারণধর্মী গ্রুপ মুক্ত অবস্থায় থাকে, ফলে বেনেডিক্ট, ফেলিংস বিকারককে বিজারিত করতে পারে, তাদের **বিজারণধর্মী শর্করা** (Reducing sugar) বলে। **উদাহরণ**— গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ, মলটোজ এবং ল্যাকটোজ।
2. অবিজারণধর্মী **শর্করা**—যেসব শর্করাতে বিজারণ গ্রুপ মুক্ত অবস্থায় থাকে না, ফলে তারা বেনেডিক্ট, ফেলিংস বিকারককে বিজারিত করতে পারে না, তাদের **অবিজারণধর্মী শর্করা** বলে। **উদাহরণ**—সুক্রোজ, শ্বেতসার এবং গ্লাইকোজেন।

[2] কার্বন সংখ্যার উপর ভিত্তি করে শ্রেণিবিভাগ (Classification on the basis of carbon number) : মনোস্যাকারাইডে উপস্থিত কার্বন সংখ্যার উপর ভিত্তি করে এই ধরনের শ্রেণিবিভাগ করা হয়। যে সমস্ত মনোস্যাকারাইডে কার্বনের সংখ্যা দুই তাকে **ডায়োজ** (2C), কার্বনের সংখ্যা তিন (3C) হলে তাকে **ট্রায়োজ** (Triose), যাদের কার্বন সংখ্যা চার (4C) তাকে **টেট্রোজ** (Tetrose), পাঁচ কার্বন (5C) বিশিষ্টকে **পেন্টোজ** (Pentose), ছয় কার্বন (6C) বিশিষ্ট হলে **হেক্সোজ**, সাত কার্বন (7C) যুক্ত হলে **হেপটোজ** (Heptose) বলে।

নীচে ছকের মাধ্যমে কিছু মনোস্যাকারাইডের উদাহরণ দেওয়া হল :

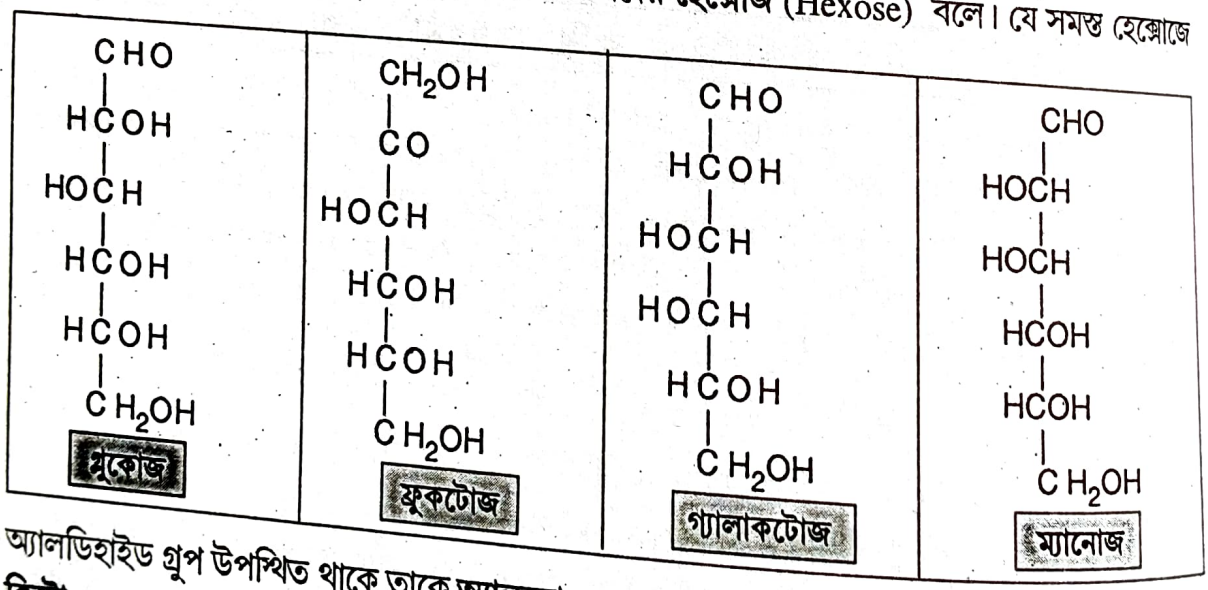
ছক-1 : মনোস্যাকারাইডের শ্রেণিবিভাগ (Classification of Monosaccharides) :

মনোস্যাকারাইড (এম্পেরিক্যাল ফরমুলা)	অ্যালডোজ	কিটোজ
3C ট্রায়োজ ($C_3H_6O_3$)	গ্লিসার‍্যালডিহাইড	ডাইহাইড্রোক্সি অ্যাসিটোন
4C টেট্রোজ ($C_4H_8O_4$)	এরিথ্রোজ	এরিথ্রিউলোজ
5C পেন্টোজ ($C_5H_{10}O_5$)	রাইবোজ	রাইবিউলোজ
6C হেক্সোজ ($C_6H_{12}O_6$)	গ্লুকোজ	ফ্রুকটোজ
7C হেপটোজ ($C_7H_{14}O_7$)	গ্লুকোহেপটোজ	সেডোহেপটিউলোজ

ছক-2 : কার্বন সংখ্যার উপর ভিত্তি করে শ্রেণিবিভাগ (Classification on the basis of carbon number) :

কার্বনের সংখ্যা	বিভাগের নাম	উদাহরণ
2C	ডায়োজ	গ্লাইকোলডিহাইড
3C	ট্রায়োজ	গ্লিসার‍্যালডিহাইড
4C	টেট্রোজ	এরিথ্রোজ, থ্রিওজ
5C	পেন্টোজ	অ্যারাবিনোজ, রাইবোজ, রাইবিউলোজ, জাইলোজ, জাইলিউলোজ
6C	হেক্সোজ	গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ, গ্যালাকটোজ, ম্যানোজ, সরবোজ, অ্যালোজ, ট্যালোজ
7C	হেপটোজ	সেডোহেপটিউলোজ, ম্যানোহেপটিউলোজ

মনোস্যাকারাইডের গঠন (Structure of Monosaccharide) : মনোস্যাকারাইড একটি মাত্র শর্করা দ্বারা গঠিত হয়। এই একক শর্করাটিতে এক বা একাধিক কার্বন অণু বর্তমান। গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ ও গ্যালাক্টোজে ৬টি করে কার্বন উপস্থিত থাকে বলে এদের **হেক্সোজ** (Hexose) বলে। যে সমস্ত হেক্সোজে



অ্যালডিহাইড গ্রুপ উপস্থিত থাকে তাকে **অ্যাল্‌ডো-হেক্সোজ** এবং যাদের কিটোন গ্রুপ উপস্থিত থাকে তাকে **কিটো-হেক্সোজ** বলে। অ্যাল্‌ডো-হেক্সোজ হল গ্লুকোজ ও গ্যালাকটোজ এবং কিটো-হেক্সোজ হল ফ্রুকটোজ। অ্যাল্‌ডিহাইড গ্রুপটি বিজারণধর্মী হওয়ায় গ্লুকোজ ও গ্যালাকটোজকে **বিজারণধর্মী শর্করা** (Reducing Sugar) বলে। আবার ফ্রুকটোজে উপস্থিত কিটো গ্রুপটি বিজারণধর্মী হওয়ায় সেটিও **বিজারণধর্মী শর্করা** (reducing sugar)। গ্লুকোজ, ফ্রুকটোজ ও গ্যালাকটোজ মনোস্যাকারাইডের রাসায়নিক সংকেত ($C_6H_{12}O_6$) একই রকম হলেও এদের অক্সিজেন (= 0) ও হাইড্রোজেন (– H) পরমাণুগুলির সজ্জাবিন্যাসের মধ্যে পার্থক্য লক্ষ করা যায়। অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন পরমাণুগুলির বিন্যাসরীতি আলাদা হওয়ার জন্য এদের নামকরণ ভিন্ন হয়েছে। এই তিনটি মনোস্যাকারাইডের মধ্যে গ্লুকোজ ও ফ্রুকটোজ শারীরবৃত্তীয় প্রক্রিয়ায় অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। ফ্রুকটোজের গঠন বিন্যাসে দেখা যায় যে দ্বিতীয় কার্বনে বিজারণধর্মী কিটো গ্রুপটি (C = 0) উপস্থিত। তাই ফ্রুকটোজকে কিটো-হেক্সোজ বিজারণধর্মী একক শর্করা বলে। গ্যালাকটোজের গঠনবিন্যাস বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় যে এটি গ্লুকোজের মতো অ্যালডিহাইড গ্রুপ যুক্ত হওয়ায় সেটি একটি অ্যালডো-হেক্সোজ বিজারণধর্মী একক শর্করা।

গ্লুকোজ ও ফ্রুকটোজের মধ্যে পার্থক্য (Differences between Glucose and Fructose) ঃ

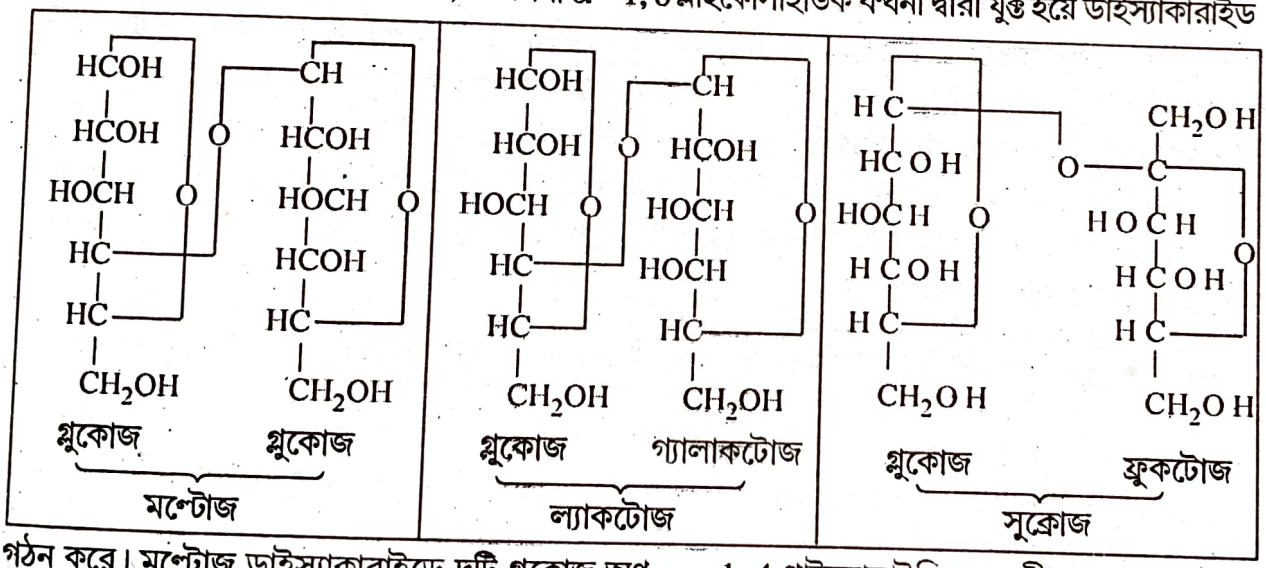
গ্লুকোজ	ফ্রুকটোজ
1. গ্লুকোজ অ্যালডোজ-হেক্সোজ একক শর্করা।	1. ফ্রুকটোজ কিটো-হেক্সোজ একক শর্করা।
2. আঙুরে এবং মানুষের রক্তে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।	2. বিভিন্ন প্রকার মিষ্টি ফলে পাওয়া যায়। মানুষের রক্তে পাওয়া যায় না।

▲ [2] ডাইস্যাকারাইড বা দ্বিশর্করা

সংজ্ঞা (Definition) ঃ দুটি মনোস্যাকারাইড অণু যখন গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনীর মাধ্যমে পরস্পর নিজেদের মধ্যে যুক্ত হয়ে শর্করা গঠন করে তাকে ডাইস্যাকারাইড (Disachharide) বলে।

উদাহরণ (Examples) ঃ মল্টোজ, আইসোমল্টোজ, ল্যাকটোজ, সুক্রোজ।

ডাইস্যাকারাইডের গঠন (Structure of disaccharides) ঃ ডাইস্যাকারাইড দুই থেকে দশটি মনোস্যাকারাইড দ্বারা গঠিত হয়। মনোস্যাকারাইডগুলি গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দ্বারা যুক্ত হলে এক অণু জল নির্গত হয়ে ডাইস্যাকারাইডে পরিণত হয়। তাই ডাইস্যাকারাইডের রাসায়নিক সংকেত $(C_6H_{12}O_6)_{-H_2O_1}$ দুটি মনোস্যাকারাইড $\alpha-1,4$, $\alpha-1,2$ অথবা $\alpha-1,6$ গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দ্বারা যুক্ত হয়ে ডাইস্যাকারাইড



গঠন করে। মল্টোজ ডাইস্যাকারাইডে দুটি গ্লুকোজ অণু $\alpha-1,4$ গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দ্বারা, ল্যাকটোজ ডাইস্যাকারাইডে একটি গ্লুকোজ ও একটি গ্যালাকটোজ $\alpha-1,4$ বন্ধনী দ্বারা, সুক্রোজ ডাইস্যাকারাইডে একটি গ্লুকোজ ও একটি ফ্রুকটোজ $\alpha-1,2$ গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দ্বারা এবং আইসোমল্টোজ ডাইস্যাকারাইডে দুটি গ্লুকোজ অণু $\alpha-1,6$ গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দ্বারা যুক্ত হয়। সুক্রোজ ডাইস্যাকারাইডটিতে কোনো মুক্ত অ্যালডিহাইড বা কিটো গ্রুপ না থাকার ফলে সেটি বিজারণে অক্ষম।

গ্লুকোজ ও সুক্রোজের মধ্যে পার্থক্য (Differences between Glucose and Sucrose) ঃ

গ্লুকোজ	সুক্রোজ
1. গ্লুকোজ মনোস্যাকারাইড (একক শর্করা)।	1. সুক্রোজ ডাইস্যাকারাইড (দ্বিশর্করা)।
2. গ্লুকোজ বিজারণধর্মী শর্করা।	2. সুক্রোজ অবিজারণধর্মী শর্করা।
3. মানুষের দেহে (রক্তে) পাওয়া যায়।	3. মানুষের দেহে (রক্তে) পাওয়া যায় না।
4. আঙুর থেকে পাওয়া যায় (দ্রাক্ষা শর্করা); এছাড়া ফলমূল, চাল, গম ইত্যাদি থেকেও পাওয়া যায়।	4. কেবলমাত্র ইক্ষু থেকে পাওয়া যায় (ইক্ষু শর্করা)। এই কারণে সুক্রোজ চিনি ও গুড়ে পাওয়া যায়।

ল্যাকটোজ এবং সুক্রোজের মধ্যে পার্থক্য (Differences between Lactose and Sucrose) :

ল্যাকটোজ	সুক্রোজ
1. ল্যাকটোজ বিজারণধর্মী দ্বিশর্করা বা ডাইস্যাকারাইড।	1. সুক্রোজ অবিজারণধর্মী দ্বিশর্করা বা ডাইস্যাকারাইড।
2. গ্লুকোজ এবং গ্যালাকটোজ নিয়ে ল্যাকটোজ গঠিত।	2. গ্লুকোজ এবং ফ্রুকটোজ নিয়ে সুক্রোজ গঠিত।
3. এই শর্করা দুধে পাওয়া যায় (দুগ্ধ শর্করা)।	3. এই শর্করা আখের রসে পাওয়া যায় (ইক্ষু শর্করা।

▲ [3] পলিস্যাকারাইড (Polysaccharides) :

সংজ্ঞা (Definition) : দশটির বেশি মনোস্যাকারাইড একাধিক গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দিয়ে যুক্ত হয়ে যে জটিল শর্করা গঠন করে তাকে পলিস্যাকারাইড বলে।

উদাহরণ (Examples) : শ্বেতসার বা স্টার্চ, গ্লাইকোজেন, ডেক্সট্রিন, সেলুলোজ ইত্যাদি।

পলিস্যাকারাইডের গঠন (Structure of Polysaccharide) : পলিস্যাকারাইড দশটির বেশি মনোস্যাকারাইড নিয়ে গঠিত। পলিস্যাকারাইডের সাধারণ রাসায়নিক সংকেত হল $(C_6H_{10}O_5)_n$। পলিস্যাকারাইডের মনোস্যাকারাইডগুলি $\alpha - 1, 4$ গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দিয়ে পর পর যুক্ত হয়ে রৈখিক শৃঙ্খলযুক্ত পলিস্যাকারাইড (যেমন, অ্যামাইলোজ) গঠন করে। মনোস্যাকারাইডগুলি আবার $\alpha - 1, 4$ এবং $\alpha - 1, 6$ গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দিয়ে যুক্ত হয়ে শাখাপ্রশাখা বিশিষ্ট পলিস্যাকারাইডও (যেমন, অ্যামাইলোপেক্টিন) গঠন করে।

● গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী (Glycosidic bonds) ●

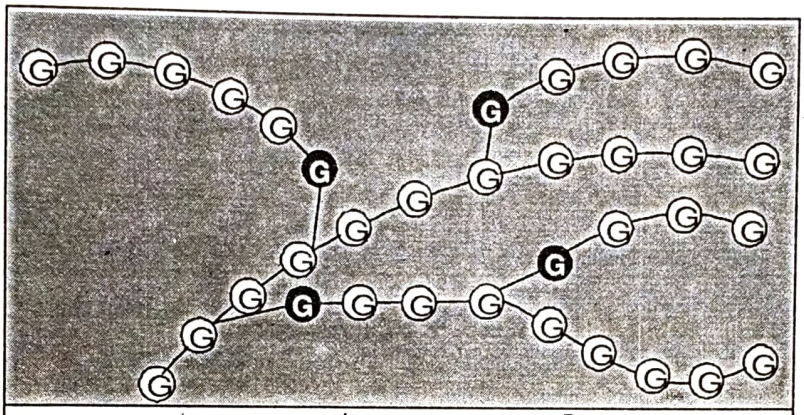
1. **α-1, 4 গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী**—এই প্রকার বন্ধনী দিয়ে একটি গ্লুকোজের অণুর প্রথম কার্বন (C_1) অন্য একটি গ্লুকোজ অণুর চতুর্থ কার্বনের (C_4) সঙ্গে যুক্ত থাকে। ● **উদাহরণ**—মল্টোজ, ল্যাকটোজ।
2. **α-1, 2, গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী**—এই প্রকার বন্ধনী দিয়ে গ্লুকোজের প্রথম কার্বন (C_1) ফ্রুকটোজের দ্বিতীয় কার্বনের (C_2) সঙ্গে যুক্ত থাকে। ● **উদাহরণ**—সুক্রোজ।
3. **α-1, 6 গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী**—এই প্রকার বন্ধনী দিয়ে একটি গ্লুকোজ অণুর প্রথম কার্বন (C_1) অন্য একটি গ্লুকোজ অণুর ষষ্ঠ কার্বনের (C_6) সঙ্গে যুক্ত থাকে। এই দুই প্রকার গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দিয়ে স্টার্চ, গ্লাইকোজেন, ডেক্সট্রিন ইত্যাদি পলিস্যাকারাইড অণু গঠিত হয়। ● **উদাহরণ**—গ্লাইকোজেন।

পলিস্যাকারাইডের প্রকারভেদ (Types of Polysaccharides) : পলিস্যাকারাইড দু-রকমের হতে পারে, যেমন—হোমোগ্লাইক্যান এবং হেটেরোগ্লাইক্যান।

(i) **হোমোগ্লাইক্যান (Homoglycan)**—যে সব পলিস্যাকারাইড একই প্রকার শর্করা নিয়ে গঠিত হয় তাদের **সমরূপ বহুশর্করা বা হোমোগ্লাইক্যান** বলে। **উদাহরণ**—শ্বেতসার (স্টার্চ), গ্লাইকোজেন, ডেক্সট্রিন, সেলুলোজ, কাইটিন ইত্যাদি।

(ii) **হেটেরোগ্লাইক্যান (Heteroglycan)**—যেসব পলিস্যাকারাইড দুই বা তার অধিক ভিন্ন ভিন্ন প্রকার মনোস্যাকারাইড (একক শর্করা) নিয়ে গঠিত হয় তাদের **বিষমরূপ বহুশর্করা** বা **হেটেরোগ্লাইক্যান** বলে। **উদাহরণ**—হেপারিন, কেরাটিন সালফেট, হায়ালুরোনিক অ্যাসিড (Hyaluronic acid) প্রভৃতি মিউকোপলিস্যাকারাইড।

পলিস্যাকারাইডের উদাহরণসহ ব্যাখ্যা (Explanation with examples of Polysaccharides) : শ্বেতসার বা স্টার্চ, ডেক্সট্রিন, গ্লাইকোজেন, ইনুলিন, সেলুলোজ ইত্যাদি। পলিস্যাকারাইড ভাঙলে অর্থাৎ জলবিশ্লেষিত (Hydrolysis) হলে সাধারণত গ্লুকোজ পাওয়া যায়।



চিত্র 4.1 : গ্লাইকোজেনের গঠন : সাদা বলগুলি (G) —α-1, 4 (প্রথম গ্লুকোজের 1 নম্বর কার্বন দ্বিতীয় গ্লুকোজের 4 নম্বর কার্বনের সঙ্গে যুক্ত বন্ড) বন্ড এবং কালো বলগুলি (G) —α-1 : 6 বন্ড দিয়ে যুক্ত।

(i) **শ্বেতসার বা স্টার্চ (Starch)**—এটি প্রকৃতিজাত প্রধান এবং শারীরবৃত্তীয়ভাবে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ কার্বোহাইড্রেট। চাল, গম, আলু, দানা শস্য, বীজ ইত্যাদি উদ্ভিদজাত খাদ্যদ্রব্যের কোশের সাইটোপ্লাজমে বিভিন্ন আকৃতির ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ডিম্বাকার, গোলাকার, চ্যাপটা কঠিন দানারূপে ছড়িয়ে থাকে। শ্বেতসার ঠান্ডা জলে অদ্রবণীয় কিন্তু উষ্ণ বা গরম জলে দ্রবণীয়। স্টার্চ দ্রবণে আয়োডিন (Iodine) সংযোগ করলে দ্রবণটি নীল রঙে পরিণত হয়।

(ii) **গ্লাইকোজেন (Glycogen)**—গ্লাইকোজেন এক রকমের পলিস্যাকারাইড যা প্রাণীদেহের পেশিতে এবং যকৃতে পাওয়া যায়। এটি শ্বেতসারের মতো, কিন্তু শ্বেতসারের তুলনায় কম পরিমাণ গ্লুকোজ অণু নিয়ে গঠিত এবং অধিক শাখাপ্রশাখাযুক্ত হয়। গ্লাইকোজেন জলে দ্রবণীয়। প্রাণীদেহে গ্লাইকোজেন পাওয়া যায়, তাই গ্লাইকোজেনকে **প্রাণীজ শ্বেতসার** (Animal starch) বলে। গ্লাইকোজেন দ্রবণে আয়োডিন সংযোগ করলে তা লালচে-বাদামি রঙে পরিণত হয়।

অ্যামাইলোজ এবং অ্যামাইলোপেকটিন (Amylose and Amylopectin)

প্রতিটি শ্বেতসার দানা প্রধানত **দু-প্রকার** রাসায়নিক যৌগ নিয়ে তৈরি, যেমন—

1. অ্যামাইলোজ (15-20%)—শাখাপ্রশাখাবিহীন রৈখিক শৃঙ্খলযুক্ত (Straight chain) পলিস্যাকারাইড যাতে গ্লুকোজ শুধুমাত্র α-1, 4-গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দিয়ে যুক্ত থাকে।
2. অ্যামাইলোপেকটিন (80-85%)—শাখাপ্রশাখাযুক্ত শৃঙ্খল (Branched chain) পলিস্যাকারাইড যাতে গ্লুকোজ α-1, 4 এবং α-1, 6 গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দিয়ে যুক্ত থাকে।

শ্বেতসার ও গ্লাইকোজেনের মধ্যে পার্থক্য (Differences between Starch and Glycogen) :

শ্বেতসার (স্টার্চ)	গ্লাইকোজেন
1. উদ্ভিদের খাদ্য সঞ্চয়ী অঙ্গ থেকে (চাল, গম, আলু) পাওয়া পলিস্যাকারাইড।	1. প্রাণীদেহে যকৃৎ ও পেশি থেকে পাওয়া পলিস্যাকারাইড।

শ্বেতসার (স্টার্চ)	গ্লাইকোজেন
2. এটি দু-প্রকার—অ্যামাইলোজ এবং অ্যামাই-লোপেকটিন। অ্যামাইলোজে শুধুমাত্র α-1, 4-গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দিয়ে যুক্ত, কিন্তু অ্যামাইলোপেকটিনে গড়ে 30টি α-1, 4-বন্ধনীর পর একটি করে α-1, 6-গ্লাইকো-সাইডিক বন্ধনী থাকে, তাই স্টার্চ কম শাখাপ্রশাখাযুক্ত হয়।	2. গ্লাইকোজেনের প্রকারভেদ নেই। গ্লাইকোজেনে 10টি α-1, 4-গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনীর পর একটি করে α-1, 6-গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী থাকে। এই কারণে গ্লাইকোজেন বেশি শাখাপ্রশাখাযুক্ত হয়।
3. স্টার্চ ঠান্ডা জলে অদ্রবণীয়।	3. গ্লাইকোজেন জলে দ্রবণীয়।
4. আয়োডিনের সংস্পর্শে গাঢ় নীল রং ধারণ করে।	4. আয়োডিনের সংস্পর্শে লালচে বাদামি রং ধারণ করে।

(iii) **ডেক্সট্রিন (Dextrin)**—ডেক্সট্রিন একপ্রকার পলিস্যাকারাইড প্রকৃতিজাত নয় (অর্থাৎ প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না)। শ্বেতসার বা গ্লাইকোজেন পরিপাকের ফলে এটি তৈরি হয়। তাই ডেক্সট্রিনকে **লব্ধ কার্বোহাইড্রেট** (Derived carbohydrate) বলে।

(iv) **সেলুলোজ (Cellulose)**—এটি জলে অদ্রবণীয় পলিস্যাকারাইড যা বহু গ্লুকোজ অণু নিয়ে গঠিত। উদ্ভিদ কোশের কোশপ্রাচীর সেলুলোজ দিয়ে গঠিত। এই কারণে বিভিন্ন শাকসবজিতে সেলুলোজ পাওয়া যায়। এটিতে গ্লুকোজ অণুগুলি β-1, 4 গ্লাইকোসাইডিক বন্ধনী দিয়ে যুক্ত থাকে।

● **2. কার্বোহাইড্রেটের কাজ (Functions of Carbohydrates) :** জীবদেহে কার্বোহাইড্রেট নিম্নলিখিত প্রধান কাজগুলি করে—

1. কার্বোহাইড্রেট শক্তির যোগান দেয় এবং রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ নির্দিষ্ট রাখে।

2. দেহের প্রয়োজনীয় শক্তির অধিকাংশ কার্বোহাইড্রেট জাতীয় খাদ্য থেকে পাওয়া যায় বলে প্রোটিন শক্তির চাহিদা পূরণে ব্যবহৃত না হয়ে কোশের সাংগঠনিক কাজে নিয়োজিত হয়। এই জন্য কার্বোহাইড্রেটকে **প্রোটিন বাঁচোয়া খাদ্য** বা **প্রোটিন স্পেয়ারিং ফুড** (Protein sparing food) হিসাবে গণ্য করা হয়।

3. কার্বোহাইড্রেটের উপস্থিতিতে **ফ্যাটি অ্যাসিডের জারণ** (Oxidation of fat) সম্ভব হয়। কার্বোহাইড্রেটের জারণে যে অক্সালোঅ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় সেটি অ্যাসিটেট জারণের জন্য একান্ত প্রয়োজন। ফ্যাটি অ্যাসিডের জারণে যে অ্যাসিটেট উৎপন্ন হয় তার জারণ অক্সালোঅ্যাসিটিক অ্যাসিডের অনুপস্থিতিতে অসম্পূর্ণ থেকে যায় এবং এই অ্যাসিটেট **কিটোন বস্তু** (Ketone body) উৎপন্ন করে যাকে **কিটোসিস** (Ketosis) বলে।

4. স্তন্যপায়ী প্রাণীর পৌস্টিক নালিতে ল্যাকটোজের উপস্থিতিতে ক্ষুদ্রান্তে বিভিন্ন উপকারী ব্যাকটেরিয়ার বৃদ্ধি ঘটে। এর ফলে কিছু **ভিটামিন B কমপ্লেক্স** (Vitamin B complex) উৎপন্ন হয়। ল্যাকটোজ ক্যালসিয়ামের শোষণকে তরান্বিত করে। এছাড়া সেলুলোজ জাতীয় কার্বোহাইড্রেট অন্ত্রের বিচলনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

5. কার্বোহাইড্রেট বিভিন্ন অ্যান্টিবডি ও পেপটাইড হরমোনকে শারীরবৃত্তীয়ভাবে চিহ্নিত করতে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

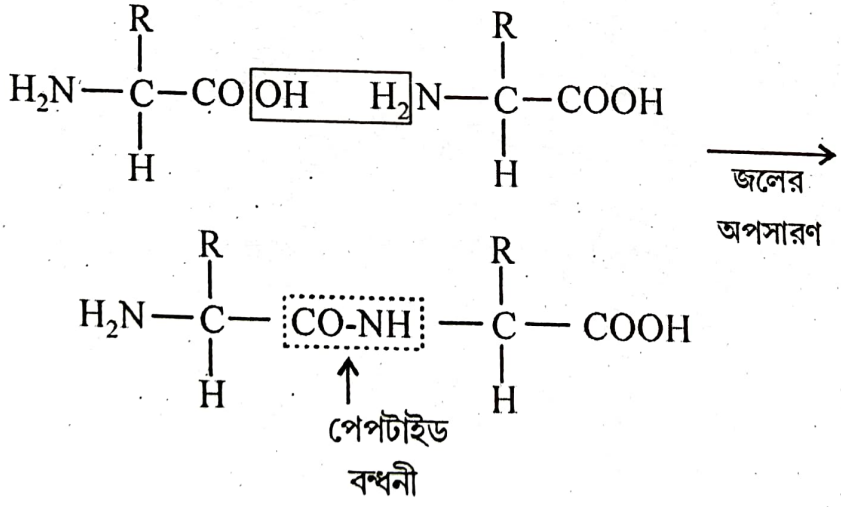
6. কার্বোহাইড্রেটের উপস্থিতিতে খাদ্য মিষ্ট স্বাদযুক্ত ও বিশেষ গন্ধযুক্ত হওয়ার ফলে খাদ্য অধিকতর গ্রহণযোগ্য হয়।

4.2. অ্যামাইনো অ্যাসিড, পেপটাইড ও প্রোটিন (Amino acid, Peptides and Proteins)

4.2.1. প্রোটিনের সংজ্ঞা (Definition of Proteins) : প্রধানত কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন নিয়ে গঠিত অ্যামাইনো অ্যাসিডের মনোমার (Monomers) পেপটাইড বন্ধনী দ্বারা পরস্পর যুক্ত হয়ে যে পলিমার (Polymers) গঠন করে তাকে প্রোটিন বলে।

■ **উদাহরণ (Examples) :** অ্যালবিউমিন, গ্লোবিউলিন, প্রোটামিন, হিস্টোন, পেপটোন, নিউক্লিওপ্রোটিন ইত্যাদি।

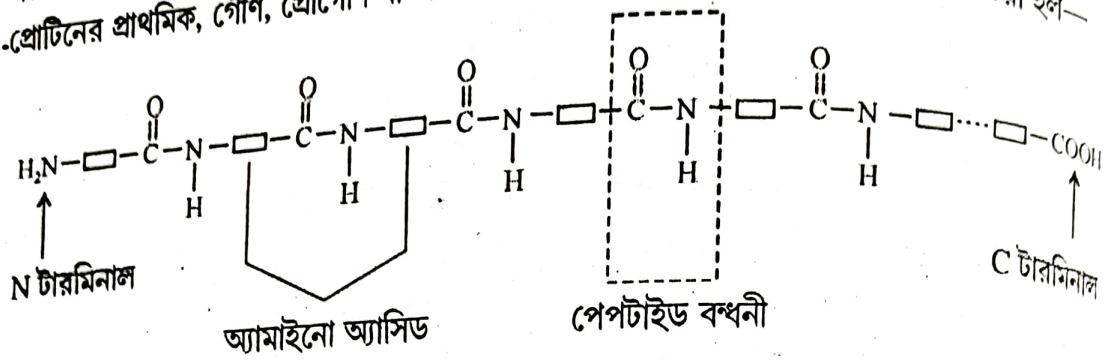
■ **প্রোটিনের গঠন (Structure of Proteins) :** প্রোটিনের সাংগঠনিক একক হল অ্যামাইনো অ্যাসিড। একাধিক অ্যামাইনো অ্যাসিড পরস্পর পেপটাইড বন্ধনীদ্বারা যুক্ত হয়ে প্রোটিন জৈব যৌগের সৃষ্টি হয়। অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলিতে C, H, O এবং N পরমাণুর সজ্জাবিন্যাসের ফলে প্রায় কুড়ি প্রকার অ্যামাইনো অ্যাসিড অণু গঠিত হয়। প্রত্যেকটি অ্যামাইনো অ্যাসিডে কমপক্ষে একটি অ্যামাইনো ($-NH_2$) ক্ষারীয় মূলক ও একটি কার্বোক্সিল ($-COOH$) অ্যাসিড মূলক থাকে। একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের অ্যামাইনো মূলকটি পরবর্তী অ্যামাইনো অ্যাসিডের কার্বোক্সিল মূলকের সাথে যুক্ত হয়ে পেপটাইড বন্ধনী গঠন করে এবং এক অণু জল নির্গত হয়। এইভাবে একাধিক অ্যামাইনো অ্যাসিড পেপটাইড বন্ধনী দ্বারা পরস্পর যুক্ত হয়ে প্রোটিন জৈব যৌগটি গঠিত হয়। তিনটি অ্যামাইনো অ্যাসিড দুটি পেপটাইড বন্ধনী দ্বারা যুক্ত হয়ে ডাইপেপটাইড এবং তিনের বেশি অ্যামাইনো অ্যাসিড পলিপেপটাইড বন্ধনী দ্বারা যুক্ত হয়ে বৃহদাকার প্রোটিন অণুর সৃষ্টি করে। যখন অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলি পরস্পর পেপটাইড বন্ধনী দ্বারা পরস্পর যুক্ত হয়ে পলিপেপটাইড শৃঙ্খল হিসাবে অবস্থান করে তখন সেই ধরনের গঠনকে প্রোটিনের **প্রাথমিক গঠন** (Primary structure) বলে। প্রোটিনের প্রাথমিক গঠন ভাঁজ হয়ে বা সর্পিলাকারে সজ্জিত হয়ে **সেকেন্ডারি বা গৌন গঠনের সৃষ্টি করে**। সেইক্ষেত্রে আয়নিক যোজক, ভ্যাণ্ডারওয়াল বল (Van der waals forces) ছাড়াও



চিত্র 4.2 : পেপটাইড বন্ধনীর সরল চিত্ররূপ।

হাইড্রোজেন যোজক (Hydrogen bond) প্রোটিন অণুর গৌন গঠন সৃষ্টিতে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। প্রোটিনের গৌন গঠন যখন আরও প্যাঁচালো হয়ে ত্রিমাত্রিক গ্লোবিউলের (globule) আকার ধারণ করে তখন তাকে প্রোটিনের **প্রোগৌণ গঠন বা টারশিয়ারি গঠন** (Tertiary structure) হিসাবে গণ্য করা হয়। যখন অনেকগুলি পলিপেপটাইড একত্রিত হয়ে একক কার্যকরী প্রোটিন হিসাবে অবস্থান করে তখন সেই

গঠনকে প্রোটিনের কোয়ারটারনারি গঠন (Quarternery structure) বলে। নীচে পেপটাইড বন্ধনী এবং প্রোটিনের প্রাথমিক, গৌণ, প্রোগৌণ বা টারশিয়ারি ও কোয়ারটারনারি গঠনের চিত্ররূপ দেওয়া হল—

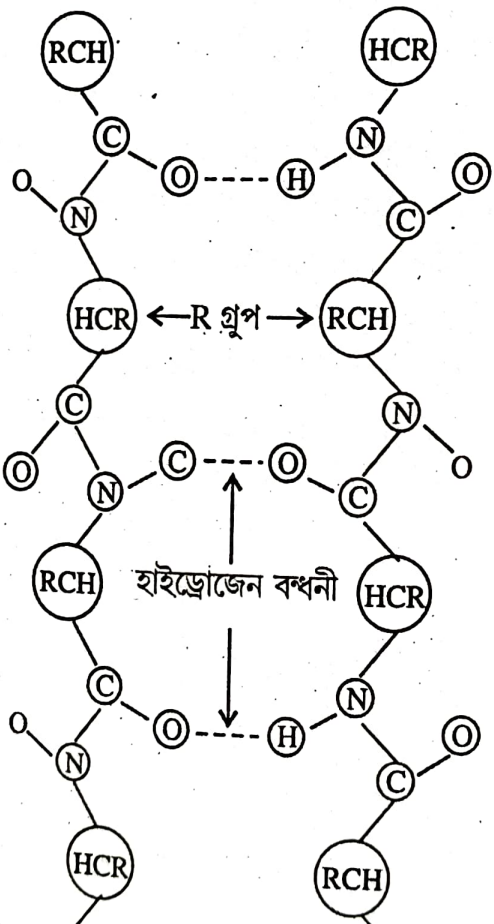


চিত্র 4.3 : প্রোটিনের প্রাইমারি বা প্রাথমিক গঠনের সরল চিত্ররূপ।

□ **প্রোটিনের শ্রেণিবিন্যাস (Classification of Proteins) :** প্রোটিনকে তিন ভাগে শ্রেণিবিন্যাস করা যায়, যেমন—সরল প্রোটিন, সংযুক্ত বা কন্‌জুগেটেড প্রোটিন এবং লব্ধ বা ডিরাইভড্ প্রোটিন।

▲ [A] সরল প্রোটিন (Simple protein) :

□ **সংজ্ঞা (Definition) :** যে প্রোটিন অ-মিশ্র অর্থাৎ শুধু অ্যামাইনো অ্যাসিডের সমন্বয়ে গঠিত হয় তাকে সরল প্রোটিন (Simple protein) বলে।

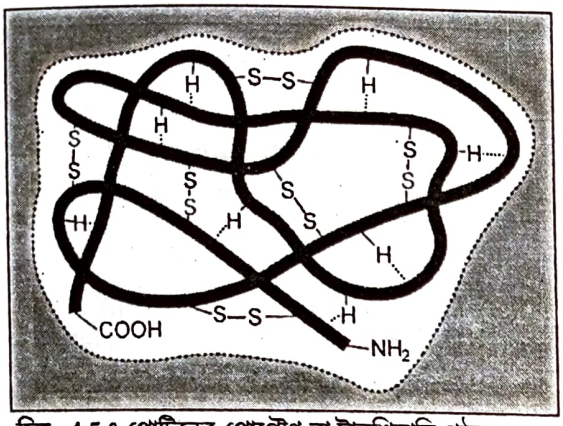


চিত্র 4.4 : প্রোটিনের সেকেন্ডারি বা গৌণ গঠনের সরল চিত্ররূপ।

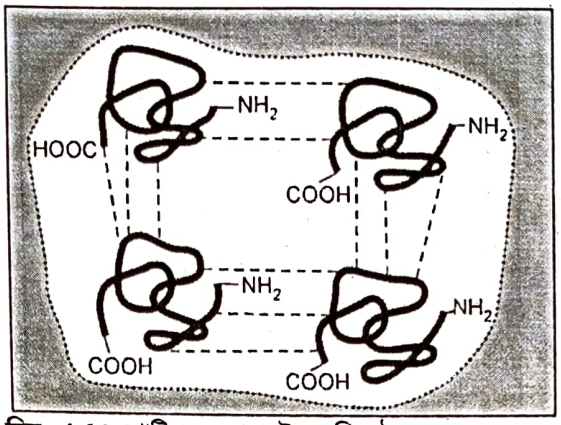
□ **সরল প্রোটিনের প্রকারভেদ (Types of simple protein) :**

1. **প্রোটামিন (Protamine)**—স্যালমোন (Salmon) এবং হেরিং (Herring) মাছের শুক্রাণুতে প্রোটামিন জাতীয় প্রোটিন পাওয়া যায়। এটি উত্তাপে তঞ্চিত হয় না। এটি তীব্র ক্ষারীয় ও জলে দ্রবণীয়।

2. **হিস্টোন (Histone)**—হিস্টোন রক্তের হিমোগ্লোবিন ও থাইমাস গ্রন্থিতে পাওয়া যায়। এই প্রকার প্রোটিন ক্ষারীয় ও জলে দ্রবণীয় সরল প্রোটিন। লবণের উপস্থিতিতে এটি উত্তাপে তঞ্চিত হয়।



চিত্র 4.5 ঃ প্রোটিনের প্রোগৌণ বা টারশিয়ারি গঠন।



চিত্র 4.6 ঃ প্রোটিনের কোয়ারটারনারি গঠন।

3. **অ্যালবুমিন (Albumin)**—এই প্রকার সরল প্রোটিন জলে দ্রবণীয় এবং তাপে তঞ্চিত হয়। **উদাহরণ**—ডিমের সাদা অংশ (Egg albumin), প্লাজমার সিরাম-অ্যালবুমিন, দুধের ল্যাকটো-অ্যালবুমিন ইত্যাদি অ্যালবুমিন জাতীয় সরল প্রোটিন।

4. **গ্লোবিউলিন (Globulin)**—এই প্রকার সরল প্রোটিন জলে অদ্রবণীয় কিন্তু তাপে তঞ্চিত হয়। **উদাহরণ**—ডিমের পীতাভ অংশ (কুসুম) ওভোগ্লোবিউলিন, প্লাজমার সিরাম গ্লোবিউলিন ও ফাইব্রিনোজেন ইত্যাদি এই জাতীয় প্রোটিন। এই প্রোটিন পাতিত জলে অদ্রবণীয় এবং উত্তাপে তঞ্চিত হয়।

5. **গ্লুটেলিন (Glutelin)**—এই প্রকার সরল প্রোটিন জলে অদ্রবণীয় কিন্তু অম্ল বা ক্ষারীয় দ্রবণে দ্রবণীয় এবং তাপে তঞ্চিত হয়। **উদাহরণ**—চাল, গম ইত্যাদিতে পাওয়া যায়। এই জাতীয় প্রোটিন অ্যাসিড ও ক্ষারীয় দ্রবণে দ্রবীভূত হয়।

6. **স্ক্লেরোপ্রোটিন (Scleroprotein)**—এই প্রকার সরল প্রোটিন কোনো দ্রবণেই সহজেই দ্রবীভূত হয় না। **উদাহরণ**—কেশ, নখ, শিং, ক্ষুর ইত্যাদির কেরাটিন এবং তরুণাস্থি, অস্থিবন্ধনীর ইলাস্টিন ইত্যাদিতে পাওয়া যায়। এই প্রোটিন জলে অদ্রবণীয়।

7. **গ্লিয়াডিন (Gliadin)**—এই প্রকার সরল প্রোটিন জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু 70–80 শতাংশ অ্যালকোহলে দ্রবণীয়। **উদাহরণ**—বার্লি, গম, ভুট্টা ইত্যাদিতে পাওয়া যায়।

● প্রোটিন ●

সরল প্রোটিন (শুধু অ্যামাইনো অ্যাসিড নিয়ে গঠিত)	সংযুক্ত প্রোটিন (অ্যামাইনো অ্যাসিড + অপ্রোটিন পদার্থ নিয়ে গঠিত)	লব্ধ প্রোটিন (পরিপাকের ফলে উৎপন্ন হয়)
1. প্রোটামিন	1. নিউক্লিওপ্রোটিন	1. প্রোটিআন
2. হিস্টোন	2. ফসফোপ্রোটিন	2. মেটাপ্রোটিন
3. অ্যালবুমিন	3. ক্রোমোপ্রোটিন	3. প্রোটিওস
4. গ্লোবিউলিন	4. গ্লাইকোপ্রোটিন	4. পেপটোন
5. গ্লুটেলিন	5. লাইপোপ্রোটিন	5. পেপ্টাইড
6. স্ক্লেরোপ্রোটিন	6. মেটালোপ্রোটিন	7. গ্লিয়াডিন

● **জিলাটিন (Gelatin) :** জিলাটিন এক ধরনের সরল প্রোটিন যা ঠান্ডা জলে অদ্রবণীয় কিন্তু গরম জলে দ্রবণীয়। প্রাণীর দেহে অবস্থিত ত্বক, শ্বেততন্তু, যোগ কলা, অস্থি, তরুণাস্থি ইত্যাদিতে অবস্থিত কোলাজেন নামক প্রোটিন জলে ফোঁটালে জিলাটিন উৎপন্ন হয়।

▲ [B] সংযুক্ত প্রোটিন (Conjugated protein) :

সংজ্ঞা (Definition) : সরল প্রোটিন কোনো অপ্রোটিন (Nonprotein) রাসায়নিক পদার্থের সঙ্গে সংযুক্ত হয়ে যে যৌগ গঠন করে তাকে সংযুক্ত বা যৌগ প্রোটিন বলা হয়।

প্রকারভেদ (Types of Conjugated protein) :

1. **নিউক্লিওপ্রোটিন (Nucleoprotein)**—সরল প্রোটিনের সঙ্গে নিউক্লিক (Nucleic) অ্যাসিড যুক্ত হয়ে নিউক্লিওপ্রোটিন গঠিত হয়। নিউক্লিক অ্যাসিড হল একপ্রকার অপ্রোটিন অংশ যা ফসফোরিক অ্যাসিড, রাইবোজ বা ডিঅক্সিরাইবোজ নামে পেনটোজ শর্করা এবং পিউরিন বা পিরিমিডিন নামে নাইট্রোজেন বেস নিয়ে গঠিত। **উদাহরণ**—নিউক্লিওপ্রোটিন কোশের নিউক্লিয়াসে পাওয়া যায়।

2. **ফসফোপ্রোটিন (Phosphoprotein)**—সরল প্রোটিনের সঙ্গে ফসফোরিক অ্যাসিড যুক্ত হয়ে এই প্রোটিন তৈরি হয়। **উদাহরণ**—ডিমের কুসুমে অবস্থিত ভাইটেলিন এবং দুধের কেসিনোজেন।

3. **ক্রোমোপ্রোটিন (Chromoprotein)**—সরল প্রোটিন এবং অপর একটি রঞ্জক পদার্থ সমন্বয়ে ক্রোমোপ্রোটিন গঠিত হয়। **উদাহরণ**—রক্তের হিমোগ্লোবিন, রেটিনার রোডোপসিন, সাইটোক্রম ইত্যাদি।

4. **গ্লাইকোপ্রোটিন (Glycoprotein)**—কার্বোহাইড্রেটের সঙ্গে সরল প্রোটিন যুক্ত হয়ে এটি গঠন করে। কার্বোহাইড্রেট জটিল মিউকোপলিস্যাকারাইড (Mucopolysaccharide) হিসাবে এই প্রোটিনে থাকে। **উদাহরণ**—শ্লেষ্মাঝিল্লি ও অন্যান্য গ্রন্থির শ্লেষ্মায় (মিউকাস) গ্লাইকোপ্রোটিন পাওয়া যায়।

5. **লাইপোপ্রোটিন (Lipoprotein)**—ফসফোলিপিডের সঙ্গে সরল প্রোটিনের সংযুক্তিতে এটি তৈরি হয়। **উদাহরণ**—দুধ, ডিম, কোশের নিউক্লিয়াস, প্লাজমা ইত্যাদিতে পাওয়া যায়।

6. **মেটালোপ্রোটিন (Metalloprotein)**—লোহা, তামা, ম্যাগনেসিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ ইত্যাদি ধাতুর সঙ্গে প্রোটিন যুক্ত হয়ে মেটালোপ্রোটিন গঠন করে। **উদাহরণ**—বিভিন্ন এনজাইমে মেটালোপ্রোটিন পাওয়া যায়।

▲ [C] লব্ধ বা ডিরাইভড্ প্রোটিন (Derived Protein) :

সংজ্ঞা (Definition) : ভৌত বা রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে অথবা প্রোটিনের পরিপাকের সময় সরল বা কনজুগেটেড প্রোটিন ক্রমশ বিশ্লিষ্ট হয়ে যে প্রোটিন উৎপন্ন করে তাকে ডিরাইভড্ বা লব্ধ প্রোটিন বলে।

লব্ধ প্রোটিনের প্রকারভেদ (Types of Devived protein) : প্রোটিআন (Protean), মেটাপ্রোটিন (Metaprotein), প্রোটিওস (Proteose), পেপ্টোন (Peptone) ও পেপটাইড (Peptide)।

2 প্রোটিনের প্রকৃতি ও কাজ (Nature and Functions of Proteins) : প্রোটিনের প্রধান কাজগুলি ছকের মাধ্যমে নীচে আলোচনা করা হল :

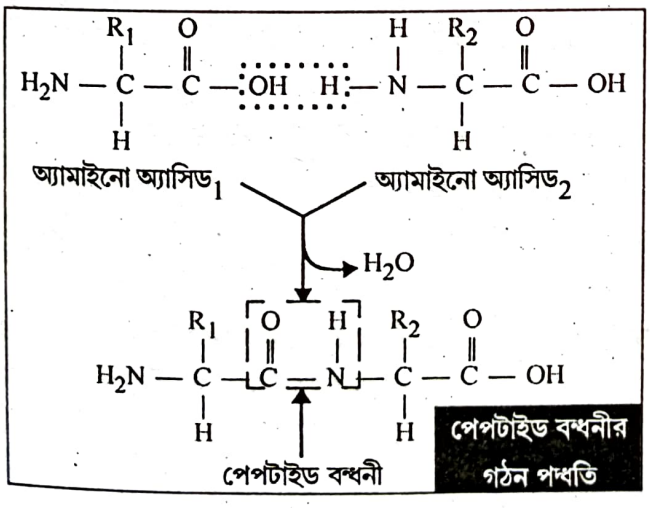
প্রোটিনের প্রকৃতি	উদাহরণ	কাজ
1. সাংগঠনিক প্রোটিন	কোলাজেন, কেরাটিন, ইলাস্টিন, মিউকোপ্রোটিন ইত্যাদি।	এই প্রোটিনগুলি সংযোগী কলা অস্থি, টেনডন, কার্টিলেজ, ত্বক, নখ, চুল, পালক ইত্যাদিতে উপস্থিত থেকে দৃঢ়তা ও প্রতিরক্ষামূলক কাজে অংশগ্রহণ করে।
2. এনজাইম প্রোটিন	ট্রিপসিন, মলটেজ, লাইপেজ ইত্যাদি।	প্রত্যেকটি সজীব কোশের যাবতীয় জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া এই প্রকার প্রোটিন নিয়ন্ত্রণ করে।

প্রোটিনের প্রকৃতি	উদাহরণ	কাজ
3. নিয়ন্ত্রক প্রোটিন	ইনসুলিন, ACTH ইত্যাদি।	রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ নিয়ন্ত্রণ, অ্যাড্রেনাল গ্রন্থির কর্টেক্স অঞ্চলে উদ্দীপনা প্রদান ও ক্ষরণে অংশগ্রহণ করে।
4. পরিবহণকারী প্রোটিন	হিমোগ্লোবিন, হিমোসায়ানিন, মায়োগ্লোবিন	কলাকোশে অক্সিজেন পরিবহণ করে, পেশিকোশে O_2 সঞ্চিত রাখে।
5. প্রতিরক্ষামূলক প্রোটিন	অ্যান্টিবডি, ফাইব্রিনোজেন, থ্রম্বিন।	রোগ প্রতিরোধে এবং রক্ত তঞ্চনে সাহায্য করে দেহে প্রতিরক্ষামূলক ব্যবস্থায় সাহায্য করে।
6. সংকোচনশীল প্রোটিন	মায়োসিন, অ্যাকটিন	পেশিসংকোচন ঘটিয়ে চলন ও গমনে সাহায্য করে।
7. সঞ্চয়কারী প্রোটিন	কেসিন, ওভালবুমিন	দুধ ও ডিমে সঞ্চিত থেকে পুষ্টিতে অংশগ্রহণ করে।

4.2.2. অ্যামাইনো অ্যাসিড (Amino Acids)

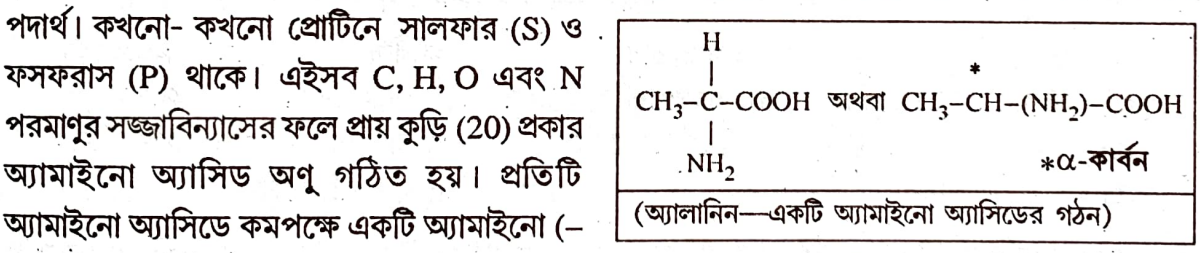
অ্যামাইনো অ্যাসিডের সংজ্ঞা (Definition of Amino acid) : এক প্রকার জৈব অ্যাসিড যা কমপক্ষে একটি মুক্ত অ্যামাইনো ($-NH_2$) এবং একটি কার্বোক্সিল ($-COOH$) মূলক নিয়ে গঠিত হয় এবং প্রোটিন অণুর গঠনগত একক হিসাবে কাজ করে তাকে অ্যামাইনো অ্যাসিড বলে।

প্রোটিন কার্বন (C), হাইড্রোজেন (H), অক্সিজেন (O), নাইট্রোজেন (N) নিয়ে গঠিত জটিল জৈব যৌগ পদার্থ। কখনো- কখনো প্রোটিনে সালফার (S) ও ফসফরাস (P) থাকে। এইসব C, H, O এবং N পরমাণুর সজ্জাবিন্যাসের ফলে প্রায় কুড়ি (20) প্রকার অ্যামাইনো অ্যাসিড অণু গঠিত হয়। প্রতিটি অ্যামাইনো অ্যাসিডে কমপক্ষে একটি অ্যামাইনো ($-NH_2$) নামে ক্ষারীয় মূলক ও একটি কার্বোক্সিল ($-COOH$) নামে অ্যাসিড মূলক থাকে। কতকগুলি অ্যামাইনো অ্যাসিড পরস্পর পরস্পরের সঙ্গে পেপটাইড বন্ধনী (**-CO-NH**) দিয়ে যুক্ত হয়ে প্রোটিন অণু গঠন করে। তাই **অ্যামাইনো অ্যাসিডকে প্রোটিন অণুর একক** বলা হয়। প্রোটিন (গ্রিক শব্দ *Protos* = প্রাথমিক বা আদি) হল দেহের প্রাথমিক অত্যাবশ্যক উপাদান।



কোনো কোনো অ্যামাইনো অ্যাসিডে অ্যামাইনো মূলকের ($-NH_2$) পরিবর্তে **ইমিনো** (**-NH**) মূলক থাকে। তাই এদের **ইমিনো অ্যাসিড** (Imino acid) বলে। **উদাহরণ**— প্রোলিন এবং হাইড্রোক্সিপ্রোলিন।

প্রকৃতিজাত অ্যামাইনো অ্যাসিডের সংখ্যা (Number of natural occurring Amino acid) : বিভিন্ন ধরনের প্রোটিনের সম্পূর্ণ আর্দ্রবিশ্লেষণে প্রায় **20টি অ্যামাইনো অ্যাসিড** এবং একটি ইমিনো অ্যাসিড পাওয়া যায়।



(অ্যালানিন—একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের গঠন)

প্রোটিন অণুতে অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলি রাসায়নিক যোজকের (Chemical bond) সাহায্যে পরস্পরের সঙ্গে আবদ্ধ থাকে। এই যোজক **পেপটাইড বন্ধনী** (CO-NH) নামে পরিচিত। একটি অ্যামাইনো অ্যাসিডের—NH_2 মূলক পরবর্তী অ্যামাইনো অ্যাসিডের —COOH মূলকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং এক অণু H_2O অপসারণের মাধ্যমে **পেপটাইড বন্ধনী** গঠন করে।

● **জুইটারয়ন (Zwitterions) ঃ** কেলাসিত অবস্থায় অ্যামাইনো অ্যাসিডের —NH_2 মূলক এবং —COOH মূলক দুটি আয়নিত (Ionised) অবস্থায় থাকে এবং প্রতিটি প্রোটিন অণুতে কমপক্ষে একটি অ্যামাইনো মূলক এবং একটি কার্বোক্সিল মূলক থাকে। প্রোটিন তাই **উভধর্মী পদার্থ** (Amphoteric substance)। দেখা গেছে অ্যামাইনো অ্যাসিড **বাইপোলার আয়ন** (Bipolar ions) বা **জুইটারয়ন** গঠন করে। এই অবস্থায়—COOH মূলকের H^+ আয়ন NH_2 মূলকে স্থানান্তরিত হয়।

▣ অ্যামাইনো অ্যাসিডের শ্রেণিবিন্যাস (Classification of Amino acid) ঃ

▼ 20টি অ্যামাইনো অ্যাসিড ▼

- **অ্যালিফ্যাটিক অ্যামাইনো অ্যাসিড**
  - **প্রশমিত**
    - (i) গ্লাইসিন (ii) ভ্যালিন
    - (iii) অ্যালানিন (iv) সেরিন
    - (vii) আইসোলিউসিন
  - **অম্লজাতীয়**
    - (i) অ্যাসপারটিক অ্যাসিড
    - (ii) গ্লুটামিক অ্যাসিড
  - **ক্ষারীয়**
    - (i) আরজিনিন
    - (ii) লাইসিন
    - (iii) হাইড্রোক্সিলাইসিন
  - **সালফারযুক্ত**
    - (i) সিস্টিন
    - (ii) মিথিওনিন
- **অ্যারোম্যাটিক অ্যামাইনো অ্যাসিড**
  - (i) টাইরোসিন
  - (ii) ফিনাইল অ্যালানিন
- **হেটেরোসাইক্লিক অ্যামাইনো অ্যাসিড**
  - (i) হিস্টিডিন,
  - (ii) ট্রিপটোফ্যান
  - (iii) প্রোলিন,
  - (iv) হাইড্রোক্সিপ্রোলিন

[1] অ্যালিফ্যাটিক অ্যামাইনো অ্যাসিড ঃ ক্ষার জাতীয় অ্যামাইনো মূলক ($-NH_2$) কিংবা অম্লজাতীয় কার্বোক্সিল মূলকের (–COOH) সংখ্যার উপস্থিতিতে অ্যামাইনো অ্যাসিড প্রধানত বিভিন্ন রকমের হয়, যেমন—

(i) **প্রশমিত অ্যামাইনো অ্যাসিড (মনোঅ্যামাইনো মনোকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড)**—এই ধরনের অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলি প্রশমিত কারণ এগুলি একটি অ্যামাইনো (ক্ষারীয়) মূলক এবং একটি কার্বোক্সিল (অ্যাসিড) মূলক নিয়ে গঠিত হয়। **উদাহরণ**—ভ্যালিন, সেরিন, গ্লাইসিন, অ্যালানিন, থ্রিওনিন, আইসোলিউসিন এবং লিউসিন (7টি অ্যামাইনো অ্যাসিড)।

(ii) **অম্লজাতীয় অ্যামাইনো অ্যাসিড (মনোঅ্যামাইনো ডাইকার্বোক্সিলিক অ্যাসিড)**—এই ধরনের অ্যামাইনো অ্যাসিডে একটি অ্যামাইনো মূলক এবং দুটি কার্বোক্সিল মূলক থাকে। এই কারণে এই প্রকার অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলি অম্লধর্মী হয়। **উদাহরণ**—অ্যাসপারটিক অ্যাসিড এবং গ্লুটামিক অ্যাসিড (2টি অ্যামাইনো অ্যাসিড)।

(iii) **ক্ষারীয় অ্যামাইনো অ্যাসিড(ডাইঅ্যামাইনো মনোকার্বোক্সিলিক অ্যামাইনো অ্যাসিড)**—এই রকম অ্যামাইনো অ্যাসিড একটি কার্বোক্সিল মূলক এবং দুটি অ্যামাইনো মূলক নিয়ে গঠিত। এই কারণে এই প্রকার অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলি ক্ষারধর্মী হয়। **উদাহরণ**—লাইসিন, হাইড্রোক্সিলাইসিন এবং আরজিনিন (3টি অ্যামাইনো অ্যাসিড)।

(iv) **সালফারযুক্ত অ্যামাইনো অ্যাসিড**—এই প্রকার অ্যামাইনো অ্যাসিডে সালফার (S) থাকে। **উদাহরণ**—সিস্টিন এবং মিথিওনিন।

[2] **অ্যারোমেটিক ও হেটেরোসাইক্লিক্ অ্যামাইনো অ্যাসিড ঃ** ফিনাইল অ্যালানিন, টাইরোসিন, ট্রিপটোফেন, হিস্টিডিন, প্রোলিন, হাইড্রোক্সিপ্রোলিন (6টি অ্যামাইনো অ্যাসিড)।

● ইমিনো অ্যাসিড (Imino Acid) ●

ইমিনো অ্যাসিড একপ্রকার জৈব অ্যাসিড যাতে **বাইভ্যালেন্ট ইমিনো মূলক** (C = NH) থাকে। কখনো-কখনো ইমিনো অ্যাসিড অ্যামাইনো অ্যাসিডের মধ্যবর্তী লব্ধ পদার্থ হিসাবে বিবেচিত হয়। **উদাহরণ**—প্রোলিন এবং হাইড্রোক্সিপ্রোলিন। এদের অ্যামাইনো গ্রুপের (NH_2) পরিবর্তে ইমিনো (NH) গ্রুপ থাকে।

❁ অ্যামাইনো অ্যাসিড এবং প্রোটিন সম্বন্ধীয় কয়েকটি তথ্য ❁ (Some important facts about Amino acid and Proteins)

1 অপরিহার্য বা অত্যাবশ্যকীয় অ্যামাইনো অ্যাসিড (Essential Amino Acids) ঃ

● **সংজ্ঞা (Definition) ঃ যেসব অ্যামাইনো অ্যাসিড আমাদের দেহের বৃদ্ধি, পুষ্টি, নাইট্রোজেন সাম্য, শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়া ইত্যাদির জন্য একান্ত প্রয়োজন কিন্তু এগুলি দেহে সংশ্লেষিত হতে পারে না ফলে বাইরে থেকে এদের খাদ্যের মাধ্যমে গ্রহণ করতে হয় তাদের অপরিহার্য বা অত্যাবশ্যকীয় অ্যামাইনো অ্যাসিড বলে।**

● **উদাহরণ (Examples) ঃ** প্রকৃতিতে **আটটি অপরিহার্য অ্যামাইনো অ্যাসিড** পাওয়া যায়। যেমন—(i) ভ্যালিন, (ii) আইসোলিউসিন, (iii) লিউসিন, (iv) লাইসিন, (v) ফেনাইল অ্যালানিন, (vi) মিথিওনিন, (vii) থ্রিওনিন এবং (viii) ট্রিপ্টোফ্যান।

এছাড়া **আরজিনিন** এবং **হিস্টিডিন** নামে অন্য দুটি অ্যামাইনো অ্যাসিডকেও অপরিহার্য অ্যামাইনো অ্যাসিডের তালিকায় যুক্ত করা যেতে পারে, কিন্তু যেহেতু এ দুটি অ্যামাইনো অ্যাসিড মানুষের দেহে (বিশেষ করে শিশুদের দেহে) উপযুক্ত পরিমাণ সংশ্লেষিত হতে পারে না, তাই এদের অপরিহার্য অ্যামাইনো অ্যাসিডের তালিকা অন্তর্ভুক্ত করা হয় না।

2 অনপরিহার্য অ্যামাইনো অ্যাসিড (Non-essential Amino Acids) ঃ

● **সংজ্ঞা (Definition) ঃ যেসব অ্যামাইনো অ্যাসিড অন্যান্য অ্যামাইনো অ্যাসিড থেকে উৎপন্ন হয় অথবা, দেহকোশে অন্যান্য জৈব অণু থেকে ট্রান্সঅ্যামাইনেশন প্রক্রিয়ায় সহজেই উৎপন্ন হয় তাদের অনপরিহার্য অ্যামাইনো অ্যাসিড বলে।**

● **উদাহরণ (Examples) ঃ** প্রকৃতিতে **কুড়িটি** অ্যামাইনো অ্যাসিড পাওয়া যায়। এর মধ্যে **আটটিকে** অপরিহার্য বা অত্যাবশ্যকীয় অ্যামাইনো অ্যাসিড বাকি **বারোটি অ্যামাইনো অ্যাসিডকে অনপরিহার্য অ্যামাইনো অ্যাসিড** বলে।

● **গুরুত্ব (Importance) ঃ** (i) এরা অপরিহার্য অ্যামাইনো অ্যাসিড দেহে সংশ্লেষিত করে। (ii) খাদ্যে এই সব অনপরিহার্য অ্যামাইনো অ্যাসিডের সরবরাহ কম হলে অপরিহার্য অ্যামাইনো অ্যাসিডের চাহিদা বেড়ে যায় এবং দেহে সংশ্লেষণধর্মী বিক্রিয়া কমে যায়।

3 কিটোজেনিক অ্যামাইনো অ্যাসিড (Ketogenic Amino acids) ঃ

● **সংজ্ঞা (Definition) ঃ দেহের প্রয়োজনে যেসব অ্যামাইনো অ্যাসিড কিটোন বডি নামে জৈব পদার্থ উৎপন্ন করে তাদের কিটোজেনিক অ্যামাইনো অ্যাসিড বলে।**

● উদাহরণ (Examples) : লিউসিন, আইসোলিউসিন প্রভৃতি।

4 গ্লুকোজেনিক বা অ্যান্টিকিটোজেনিক অ্যামাইনো অ্যাসিড (Glucogenic amino acid Antiketogenic amino acids) :

● সংজ্ঞা (Definition) : যেসব অ্যামাইনো অ্যাসিড প্রয়োজনে যকৃতে ট্রান্সঅ্যামাইনেশ গ্লুকোনিওজেনেসিস এবং অন্যান্য জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় গ্লুকোজ এবং গ্লাইকোজেনের সংশ্লেষ ঘট তাদের গ্লুকোজেনিক অ্যামাইনো অ্যাসিড বা অ্যান্টিকিটোজেনিক অ্যামাইনো অ্যাসিড বলে।

● উদাহরণ (Examples) : অ্যালানিন, গ্লুটামিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

5 সম্পূর্ণ প্রোটিন এবং অসম্পূর্ণ প্রোটিন অথবা প্রথম শ্রেণির প্রোটিন এবং দ্বিতীয় শ্রেণি প্রোটিন (Complete protein and Incomplete protein Or First class protein and Secon class protein) :

[1] সম্পূর্ণ প্রোটিন (Complete protein) : ● সংজ্ঞা (Definition)—যেসব প্রোটিন যথেষ্ট পরিমা সবরকম অত্যাবশ্যকীয় অ্যামাইনো অ্যাসিড নিয়ে তৈরি হয় তাদের সম্পূর্ণ প্রোটিন অথবা প্রথম শ্রেণি প্রোটিন বলে।

প্রধানত প্রাণীজ প্রোটিন, যেমন—মাছ, মাংস, ডিম, দুধ প্রভৃতিকে প্রথম শ্রেণির প্রোটিন বলে। এই ধরনের প্রোটিনের জৈব মূল্য অপেক্ষাকৃত বেশি। কারণ এই ধরনের প্রোটিন পরিমাণ মতো খেলে এর একসঙ্গে দেহবৃদ্ধি এবং বয়স্কদের নাইট্রোজেন সাম্য ও দৈহিক ওজন বজায় রাখতে পারে। প্রথম শ্রেণি প্রোটিনকে তাই সম্পূর্ণ প্রোটিন বলে।

● উদাহরণ (Examples)—মাংস, মাছ, ডিম, দুধ ইত্যাদি।

[2] অসম্পূর্ণ প্রোটিন (Incomplete protein) : ● সংজ্ঞা (Definition)—যে সকল প্রোটিনে স রকমের অত্যাবশ্যকীয় অ্যামাইনো অ্যাসিড থাকে না তাদের অসম্পূর্ণ প্রোটিন বা দ্বিতীয় শ্রেণির প্রোটি বলে।

বেশির ভাগ উদ্ভিদ, যেমন—সবুজ শাকসবজি, ডাল জাতীয় পদার্থ (কড়াইশুঁটি, শিম) কিংবা ছোল ইত্যাদির প্রোটিনকে সাধারণত দ্বিতীয় শ্রেণির প্রোটিন বলে। কারণ এতে একটি বা একাধিক অপরিহার্য অ্যামাইনো অ্যাসিড অনুপস্থিত থাকে অথবা থাকলেও তাদের পরিমাণ সঠিক থাকে না। এই কারণে এর দেহের নাইট্রোজেন সাম্য বজায় রাখতে পারে না। তাই দ্বিতীয় শ্রেণির প্রোটিনকে অসম্পূর্ণ প্রোটিন বলে।

● উদাহরণ (Examples)—প্রধানত উদ্ভিজ্জ প্রোটিন, যেমন—গমের গ্লিয়াডিন, সোয়াবিনের লেগুমেলিন প্রভৃতি।

6 গোলাকার এবং তন্তুময় প্রোটিন (Globular and Fibrous protein) : গঠনের ভিত্তি অনুযায়ী প্রোটিন দুই প্রকার, যেমন—গোলাকার প্রোটিন ও তন্তুময় প্রোটিন।

[1] গোলাকার প্রোটিন (Globular protein) : এই ধরনের প্রোটিনের পলিপেপটাইডগুলি কুণ্ডলিকৃত হয়ে গৌণ ও প্রগৌণ (Secondary and Tertiary) গঠন তৈরি করে ও গোলাকৃতি হয়। গোলাকার প্রোটি জলে দ্রবণীয়।

● উদাহরণ : উৎসেচক, অ্যান্টিবডি, অ্যালবুমিন ইত্যাদি।

[2] তন্তুময় প্রোটিন (Fibrous protein) : এই ধরনের প্রোটিনের পলিপেপটাইডগুলি শৃঙ্খলাকারে পরস্পর পরস্পরের সাথে সমান্তরালভাবে অবস্থান করে এবং মাঝে মাঝে আড়াআড়ি যোজক দিয়ে যুক্ত থাকে। তন্তুময় প্রোটিন জলে অদ্রবণীয়।

● উদাহরণ : ফাইব্রিন, কোলাজেন, অ্যাকটিন, মায়োসিন, কেরাটিন ইত্যাদি।

4.3. লিপিড (Lipid)

লিপিডের সংজ্ঞা (Definition of Lipids) ঃ কার্বন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন দিয়ে গঠিত জৈব পদার্থ যা সাধারণত জলে দ্রবীভূত হয় না কিন্তু বিভিন্ন জৈব দ্রাবক যেমন অ্যালকোহল, ইথার ও অ্যাসিটোন ইত্যাদিতে দ্রবীভূত হয় এবং প্রধানত ফ্যাটি অ্যাসিড সম্পর্কিত হয় তাকে লিপিড বলে।

উদাহরণ (Examples) ঃ ফ্যাটি অ্যাসিড, তেল, মোমজাতীয় পদার্থ, ফসফোলিপিড, গ্লাইকোলিপিড ইত্যাদি।

লিপিডের গঠন (Structure of Lipids) ঃ লিপিড নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সমন্বয়ে গঠিত হয়, যেমন—ট্রাইগ্লিসারাইড, কোলেস্টেরল, ফ্যাটি অ্যাসিড এবং গ্লিসেরল।

▲ [A] ট্রাইগ্লিসারাইড (Triglycerides) ▲

● **সংজ্ঞা (Definition) ঃ তিন অণু ফ্যাটি অ্যাসিড ও এক অণু গ্লিসেরল পরস্পর বিক্রিয়া করে যে এস্টার (Ester) গঠন করে তাকে ট্রাইগ্লিসারাইড (Triglycerides) বলে।**

○ **এস্টার (Ester) ঃ** জৈব অ্যাসিড ও অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় যে জৈব লবণ উৎপন্ন হয় তাকে **এস্টার** বলে।

▲ [B] ফ্যাটি অ্যাসিড (Fatty acid) ▲

● **সংজ্ঞা (Definition) ঃ যে জৈব অ্যাসিড জলে অদ্রবণীয় কিন্তু ফ্যাট দ্রাবকে (fat-solvent), যেমন—ফুটন্ত অ্যালকোহল, ইথার, ক্লোরোফর্ম, বেঞ্জিন ইত্যাদিতে দ্রবণীয় তাকে ফ্যাটি অ্যাসিড (Fatty acid) বলে।**

প্রকৃতিতে প্রায় 100 রকমের ফ্যাটি অ্যাসিডের উপস্থিতি লক্ষ করা যায়। প্রায় প্রতিটি প্রকৃতিজাত ফ্যাটি অ্যাসিড জোড় সংখ্যক কার্বন একটি দীর্ঘ রৈখিক শৃঙ্খল বা চেন নিয়ে গঠিত। চেনের শীর্ষের বাম প্রান্তে একটি মিথাইল (CH_3) মূলক ও ডান প্রান্তে একটি কার্বোক্সিল (–COOH) মূলক থাকে।

● **ফ্যাটি অ্যাসিডের রাসায়নিক গঠন ঃ**

$$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–COOH$$

(পামিটিক অ্যাসিড—16টি কার্বনযুক্ত সম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডের সংকেত)

● **প্রকারভেদ (Type) ঃ** ফ্যাটি অ্যাসিডকে বিভিন্নভাবে ভাগ করা হয়, যেমন—

[1] ফ্যাটি অ্যাসিডে কার্বনের সংখ্যার উপস্থিতি অনুযায়ী প্রকারভেদ ঃ প্রকৃতিতে প্রায় **100 প্রকারের ফ্যাটি অ্যাসিডের** উপস্থিতি লক্ষ করা গেছে। এই প্রকার ফ্যাটি অ্যাসিডকে **দুটি** ভাগে ভাগ করা হয়, যেমন—

(i) **নিম্নতর ফ্যাটি অ্যাসিড** (Lower fatty acids)—এই প্রকার ফ্যাটি অ্যাসিড দশের কম কার্বনযুক্ত হয়, যেমন—ক্যাপরোইক অ্যাসিড (6টি কার্বন যুক্ত) এবং বিউটিরিক অ্যাসিড (4টি কার্বনযুক্ত)।

(ii) **উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিড** (Higher fatty acids)—এই প্রকার ফ্যাটি অ্যাসিড দশের বেশি কার্বনযুক্ত হয়, যেমন—স্টিয়ারিক অ্যাসিড (18টি কার্বনযুক্ত) এবং পামিটিক অ্যাসিড (16টি কার্বনযুক্ত)।

[2] ফ্যাটি অ্যাসিডে এস্টার বন্ধনীর প্রকৃতি অনুযায়ী প্রকারভেদ ঃ এস্টার বন্ধনীর প্রকৃতি অনুযায়ী বন্ধনী দু-প্রকারের হয়—

(i) **একযোজী বন্ধনী (Single bond)**—যেসব ফ্যাটি অ্যাসিডের কার্বন পরমাণু পরস্পর এক বন্ধনী দিয়ে যুক্ত থাকে তাদের **সম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড** (Saturated fatty acids) বলে। **উদাহরণ**—পাম অ্যাসিড, স্টিয়ারিক অ্যাসিড, বিউটিরিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

(ii) **দ্বিযোজী বন্ধনী (Double bonds)**—যেসব ফ্যাটি অ্যাসিডের দুটি কার্বন দ্বিযোজী বন্ধনী যুক্ত থাকে তাদের **অসম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড** (Unsaturated fatty acids) বলে। **উদাহরণ**—লিনোলে অ্যাসিড, লিনোলেয়িক অ্যাসিড এবং অ্যারাকিডোনিক অ্যাসিড। এই সব অসম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডগুলি **অপরিহার্য ফ্যাটি অ্যাসিড** (Essential fatty acid) বলে।

কয়েকটি সম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড (A few Saturated Fatty Acids) ঃ

সাধারণ নাম	গঠন ও সংকেত	আণবিক সংকেত	উৎস
1. বিউটিরিক অ্যাসিড	$CH_3(CH_2)_2\ COOH$	$C_4H_{18}O_2$	মাখন।
2. ক্যাপরোইক অ্যাসিড	$CH_3(CH_2)_4COOH$	$C_6H_{12}O_2$	মাখন, নারকেল ও পাম বাদাম তেল।
3. পামিটিক অ্যাসিড	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	$C_{16}H_{32}O_2$	উদ্ভিজ্জ তেল এবং প্রাণীজ ফ্যাট।
4. স্টিয়ারিক অ্যাসিড	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	$C_{18}H_{36}O_2$	উদ্ভিজ্জ তেল এবং প্রাণীজ ফ্যাট।
5. অ্যারকিডিক অ্যাসিড	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	$C_{20}H_{40}O_2$	বাদাম তেল, রেপসিড তেল, মাখন।

কয়েকটি অসম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড (A few Unsaturated Fatty Acids) ঃ

সাধারণ নাম	আণবিক সংকেত	দ্বিযোজী বন্ধনীর সংখ্যা	উৎস
1. ওলেইক অ্যাসিড	$C_{18}H_{34}O_2$	1	উদ্ভিজ্জ তেল ও প্রাণীজ ফ্যাট।
2. ইরুসিক অ্যাসিড	$C_{20}H_{38}O_2$	1	সরষের তেল।
3. লিনোলেয়িক অ্যাসিড	$C_{18}H_{32}O_2$	2	উদ্ভিজ্জ তেল ও প্রাণীজ তেল।
4. লিনোলেনিক অ্যাসিড	$C_{18}H_{30}O_2$	3	মসিনার তেল।
5. অ্যারাকিডোনিক অ্যাসিড	$C_{20}H_{32}O_2$	4	মাছের যকৃতের তেল,
		ফসফোলিপিড।	

● অপরিহার্য ফ্যাটি অ্যাসিড ●

❖ **সংজ্ঞা ঃ** যে ফ্যাটি অ্যাসিড জীবদেহের স্বাভাবিক বৃদ্ধিতে প্রয়োজন কিন্তু দেহে সংশ্লেষিত হয় না, ফলে খাদ্যের মাধ্যমে সংগ্রহ করতে হয় তাদের **অপরিহার্য ফ্যাটি অ্যাসিড** (Essential Fatty Acid) বলে।

● **উদাহরণ ঃ** লিনোলেনিক অ্যাসিড, লিনোলেয়িক অ্যাসিড এবং অ্যারাকিডোনিক অ্যাসিড নামে অসম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড।

$CH_3–(CH_2)_4–CH=CH–CH_2–CH=CH–CH_2–CH = CH–CH_2–CH =CH–(CH_2)_3–COOH$

(অ্যারাকিডোনিক অ্যাসিডের রাসায়নিক সংকেত — 20টি কার্বন এবং 4টি দ্বিযোজী বন্ধনীযুক্ত অসম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড।)

▲ [C] গ্লিসেরল (Glycerol) ▲

$$\begin{array}{l} CH_2—OH \\ | \\ CH—OH \\ | \\ CH_2—OH \end{array}$$

গ্লিসেরল

সংজ্ঞা (Definition) ঃ গ্লিসেরল হল তিনটি হাইড্রোক্সিল মূলক যুক্ত অ্যালকোহল।

তিন অণু ফ্যাটি অ্যাসিডের সঙ্গে এক অণু গ্লিসেরল যুক্ত হয়ে এবং এক অণু জল অপসারিত করে যে এস্টার উৎপন্ন করে তাকে ট্রাইগ্লিসেরাইড (Triglyceride) বা **ফ্যাট** (True fat) বলে। একটি বা দুটি ফ্যাটি অ্যাসিড এক অণু গ্লিসেরলের সঙ্গে যুক্ত হয়ে যথাক্রমে মনোগ্লিসেরাইড বা ডাইগ্লিসেরাইড উৎপন্ন করে।

1. **মনোগ্লিসেরাইড (Monoglycerides)**—এক অণু গ্লিসেরল + এক অণু ফ্যাটি অ্যাসিড এস্টার বন্ধনী দিয়ে যুক্ত যৌগ।
2. **ডাইগ্লিসেরাইড (Diglycerides)**—এক অণু গ্লিসেরল + দু অণু ফ্যাটি অ্যাসিড এস্টার বন্ধনী দিয়ে যুক্ত যৌগ।
3. **ট্রাইগ্লিসেরাইড (Triglycerides)**—এক অণু গ্লিসেরল + তিন অণু ফ্যাটি অ্যাসিড এস্টার বন্ধনী দিয়ে যুক্ত যৌগ।

[1] অ্যালকোহল (Alcohol) ঃ হাইড্রোকার্বন অণুর এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু –OH (হাইড্রোক্সিল মূলক) দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে যে যৌগ গঠন করে তাকে **অ্যালকোহল** বলে।

[2] ফসফোলিপিড (Phospholipid) ঃ যে সমস্ত লিপিডে একটি ফসফেট গ্রুপ উপস্থিত থাকে তাকে ফসফোলিপিড বলে। কোশের পর্দায় এই ধরনের লিপিড উপস্থিত থাকে।

[3] গ্লাইকোলিপিড (Glycolipid) ঃ যে সমস্ত লিপিডে স্বল্প দৈর্ঘ্যের শর্করা শৃঙ্খল দিয়ে যুক্ত থাকে তাদের গ্লাইকোলিপিড বলে। এই ধরনের লিপিড দেহের প্রতিরক্ষামূলক কাজে নিয়োজিত থাকে।

[4] মোম (Waxes) ঃ ফ্যাটি অ্যাসিড যখন দীর্ঘ শৃঙ্খল দ্বারা অ্যালকোহলের সাথে যুক্ত হয় তখন তাকে **মোম** বলে। মৌমাছির মোম, কানের সেরুমেন ইত্যাদি হল মোম জাতীয় পদার্থ। এই পদার্থটি প্রধানত জল প্রতিরোধকারী পদার্থ হিসাবে উদ্ভিদ ও প্রাণীতে উপস্থিত থাকে।

[5] লাইপোপ্রোটিন (Lipoprotein) ঃ লিপিড যখন প্রোটিনের সাথে যুক্ত হয় তখন তাকে লাইপোপ্রোটিন বলে। লাইপোপ্রোটিন কোশপর্দায় উপস্থিত থাকে। লিপিড রক্তে ও লসিকায় লাইপোপ্রোটিন হিসাবে পরিবাহিত হয়।

[6] কোলেস্টোল (Cholesterol) ঃ কোলেস্টেরলে ফ্যাটি অ্যাসিড অনুপস্থিত। এটি সাধারণত কোশপর্দায় উপস্থিত থাকে।

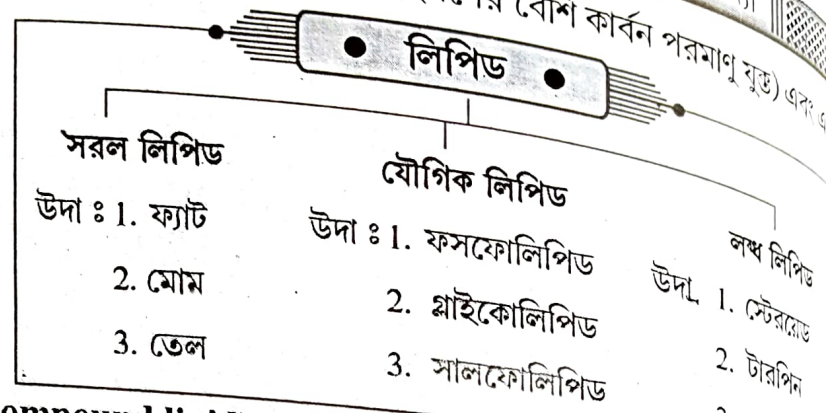
4.3.1. লিপিড—শ্রেণিবিন্যাস এবং কাজ (Lipid—Classification and Functions)

❑ **লিপিডের শ্রেণিবিন্যাস (Classification of Lipids) ঃ** লিপিড প্রধানত **তিন রকমের** হয়, যেমন—সরল, যৌগিক এবং লব্ধ লিপিড।

[1] সরল লিপিড (Simple lipid) ঃ ফ্যাটি অ্যাসিড ও গ্লিসেরল (অ্যালকোহল) এস্টার বন্ধনীর সঙ্গে যুক্ত হয়ে সরল লিপিড গঠন করে। **উদাহরণ**—স্নেহপদার্থ বা (প্রকৃত ফ্যাট—True Fat) তেল ও মৌচাকের মোম (Bee's wax)।

(i) **প্রকৃত ফ্যাট** (True Fat) ঃ এটি তিন অণু ফ্যাটি অ্যাসিড এবং এক অণু গ্লিসেরল নিয়ে গঠিত হয়। এই কারণে ফ্যাট ট্রাইগ্লিসেরাইড (Triglyceride) নামে পরিচিত। **উদাহরণ**—ঘি, মাখন, নারকেল তেল প্রভৃতি।

(ii) **মোম** (Wax) ঃ যে সব লিপিড উচ্চতর ফ্যাটি অ্যাসিড (দশের বেশি কার্বন পরমাণু যুক্ত) এবং এ বা একাধিক হাইড্রোক্সিল গ্রুপযুক্ত উচ্চতর অ্যালকোহল নিয়ে গঠিত তাদের **মোম** (Wax) বলে। **উদাহরণ**— মৌমাছির মোম (Bees wax), পশমের চর্বি (wool fat), কানের খোল ইত্যাদি।



[2] যৌগিক লিপিড (Compound lipid) ঃ সরল লিপিডের সঙ্গে অন্য কোনো রাসায়নিক বস্তু সংযোগ ঘটলে যে যৌগ সৃষ্টি হয় তাকে যৌগ লিপিড বলা হয়। **উদাহরণ**—

(i) **ফসফোলিপিড** (Phospholipid)—লিপিড + ফসফোরিক অ্যাসিড + নাইট্রোজেনযুক্ত বেস **উদাহরণ**— লেসিথিন, সেফালিন (কেফালিন), স্ফিংগোমায়েলিন প্রভৃতি। এই জাতীয় লিপিড স্নায়ুতন্ত্র ডিমের কুসুম ইত্যাদিতে পাওয়া যায়।

(ii) **গ্লাইকোলিপিড** (Glycolipid)—এটি শর্করাযুক্ত লিপিড। **উদাহরণ**—স্নায়ুর মায়েলিন আবরণী মস্তিষ্কের শ্বেত বস্তুতে পাওয়া যায়।

(iii) **সালফোলিপিড** (Sulpholipid)—এটি সালফারযুক্ত লিপিড। **উদাহরণ**—মস্তিষ্ক, শুক্রাণু, ইত্যাদিতে পাওয়া যায়।

(iv) **গ্যাংগ্লিওসাইড** (Ganglioside)—এটি ফ্যাটি অ্যাসিড, ছয় কার্বনযুক্ত কার্বোহাইড্রেট, সিয়ালিক অ্যাসিড ও হেক্সোসামাইন নিয়ে গঠিত। **উদাহরণ**—স্নায়ু, লোহিত কণিকা প্রভৃতিতে পাওয়া যায়।

[3] লব্ধ লিপিড (Derived lipid) ঃ **সরল বা যৌগ লিপিড বিশ্লেষিত হয়ে যে লিপিড জাতী পদার্থ উৎপন্ন করে তাকে লব্ধ লিপিড বলে। উদাহরণ**—(i) স্টেরয়েড, (ii) টারপিন, (iii) ক্যারটিনয়ে ইত্যাদি।

তেল (Oil)

- **সংজ্ঞা (Definition) ঃ স্বাভাবিক কক্ষ-উষ্ণতায় যে ফ্যাট তরল অবস্থায় থাকে তাকে তেল বলে।**

  অধিকাংশ ফ্যাট ও তেল মিশ্র ট্রাইগ্লিসেরাইড জাতীয়, কারণ এটি একই রকমের পরিবর্তে দুটি কিংবা তিনটি ভিন্ন প্রকার ফ্যাটি অ্যাসিড নিয়ে গঠিত হয়।
- উদাহরণ—সরষের তেল, নারকেল তেল, বাদাম তেল, রেপসিড তেল, সয়াবিন তেল প্রভৃতি।

ফ্যাটের (লিপিডের) কয়েকটি বিশেষ রাসায়নিক ধর্ম (Some special chemical properti of Fats or Lipids) ঃ

[1] সাবানিভবন বা স্যাপোনিফিকেশন (Saponification) ঃ ফ্যাটকে সোডিয়াম বা পটাশিয়া হাইড্রোক্সাইড (NaOH or KOH) দ্রবণে ফোটালে ফ্যাটি অ্যাসিড লবণ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন এই লব সাবান বলে এবং সাবান তৈরি করার এই পদ্ধতিকে **সাবানিভবন বা স্যাপোনিফিকেশন** বলে।

● সাবানিভবন বা স্যাপোনিফিকেশন সংখ্যা ●

- **সংজ্ঞা ঃ এক গ্রাম ফ্যাটের আর্দ্রবিশ্লেষণ থেকে উৎপন্ন মোট ফ্যাটি অ্যাসিডকে প্রশমিত করতে যত মিলিগ্রাম KOH-এর প্রয়োজন হয় তাকে সাবানিভবন বা স্যাপোনিফিকেশন সংখ্যা (Saponification number) বলা হয়।**
- **তাৎপর্য (Significance) ঃ** স্যাপোনিফিকেশন সংখ্যার দ্বারা কোনো ফ্যাটে যত সংখ্যক ফ্যাটি অ্যাসিড থাকে তাদের গড় আণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়।

[2] সংযুক্তিকরণ বিক্রিয়া (Addition reactions) ঃ যে বিক্রিয়ায় অসম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডযুক্ত স্নেহ পদার্থ অন্য মৌল গ্রহণ করে সম্পৃক্ত হয় তাকে **ফ্যাটের (লিপিডের) সংযুক্তিকরণ বিক্রিয়া** বলে। **দু-প্রকার** সংযুক্তকরণ বিক্রিয়ার শারীরবৃত্তীয় গুরুত্ব দেখা যায়, যেমন—

(i) আয়োডিনের সংযুক্তিকরণ **(Iodination)**—উপযুক্ত অবস্থায় অসম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড আয়োডিন অথবা ব্রোমিন নামে হ্যালোজেন গ্রহণ করে **সম্পৃক্ত আয়োডিন সংযুক্তি যৌগ** গঠন করে। কার্বনের যোজ্যতা (Valency) চার। যেসব ফ্যাটি অ্যাসিডের কার্বনের যোজ্যতা অসংপৃক্ত থাকে, সেই সব কার্বন আয়োডিন বা অন্য কোনো হ্যালোজেন, যেমন ব্রোমিন দিয়ে সম্পৃক্ত করা যায়।

● আয়োডিন সংখ্যা (Iodine number) ●

- **সংজ্ঞা (Definition) ঃ প্রতি 100 গ্রাম অসম্পৃক্ত ফ্যাটি অ্যাসিডযুক্ত ফ্যাট যত গ্রাম আয়োডিন নিয়ে সম্পৃক্ত হয় তাকে আয়োডিন সংখ্যা (Iodine number) বলে।**
- **তাৎপর্য (Significance) ঃ** আয়োডিনের সংখ্যার দ্বারা কোনো ফ্যাটের অসম্পৃক্তির পরিমাণ জানা যায়।

❑ লিপিডের কাজ (Functions of Lipid) ঃ

1. দেহকোশে ট্রাইগ্লিসারাইড সঞ্চিত শক্তির আধার হিসাবে কাজ করে।
2. কোশপর্দায় উপস্থিত ফসফোলিপিড ও কোলেস্টেরল কোশপর্দার গঠন ও ভেদ্যতা নিয়ন্ত্রণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।
3. লিপিডে বিভিন্ন ভিটামিন যেমন A, D, E এবং K দ্রবীভূত হয় এবং বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় কাজে অংশগ্রহণ করে।
4. স্টেরয়েড হরমোন এবং প্রোস্টাগ্ল্যান্ডিন কলাকোশের বিভিন্ন বিপাকক্রিয়ার নিয়ন্ত্রক।
5. লিপিড অঙ্গাগুলিকে গঠনে এবং তাপ, তড়িৎ ইত্যাদির প্রতিরোধে সাহায্য করে।
6. ফসফোলিপিড মাইটোকনড্রিয়ার অন্তঃস্থ পর্দায় উপস্থিত থেকে ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট শৃঙ্খলে (Electron transport chain) অংশগ্রহণ করে।