31

कार्बोहाइड्रेट

31.1 भूमिका

कार्बोहाइड्रेट, पृथ्वी में सबसे अधिक मात्रा में पाए जाने वाले जैव अणु हैं। हर सुबह हम नाश्ते में चीनी मिलाकर चाय या दूध पीते हैं। साथ में अनाज, डबल रोटी या मकई की खील खाते हैं, दोपहर या रात में हम रोटी या चावल खाते हैं, इन सभी वस्तुओं में मुख्यतः कार्बोहाइड्रेट होते हैं। पौधों और शैवाल द्वारा प्रकाश संश्लेषण से प्रतिवर्ष 100 अरब मेट्रिक टन CO_2 और H_2O कार्बोहाइड्रेटों में परिवर्तित होते हैं। चीनी और स्टार्च जैसे कुछ कार्बोहाइड्रेट मनुष्य के भोजन के प्रमुख घटक हैं और कार्बोहाइड्रेट के ऑक्सीकरण से अधिकांश जीवों को ऊर्जा प्राप्त होती है।

प्रयोग : बहुत देर तक खेलने या शारीरिक कसरत करने के बाद एक गिलास पानी में ग्लूकोज़ मिला कर पीने से क्या आपको थकान में कमी महसूस होती है? ऐसा क्यों होता है? क्योंकि ग्लूकोज़ ऐसा कार्बोहाइड्रेट है जो हमारे शरीर को, तुरंत ऊर्जा प्रदान करता है।

इस पाठ में आप विभिन्न प्रकार के कार्बोहाइड्रेटों तथा उनके रासायनिक स्वभाव और कार्यों के बारे में पढ़ेंगे।

31.2 उद्देश्य

इस पाठ को पढ़ने के बाद आप :

- कार्बोहाइड्रेट के प्राकृतिक स्त्रोतों की सूची तैयार कर सकेंगे,
- मोनोसैकेराइड, डाइसैकेराइड और पॉलिसैकेराइड में भेद कर सकेंगे,
- ट्रायोस, टेट्रोस, पेंटोस और हेक्सोस की पहचान कर सकेंगे,

- विवृत श्रृंखला और वलय रूप में कार्बोहाइड्रेटों की संरचना को चित्रित कर सकेंगे,
- कार्बोहाइड्रेट की संरचना को समझ सकेंगे और
- कार्बोहाइड्रेटों के जैविक महत्व को समझा सकेंगे।

31.3 कार्बोहाइड्रेटों के प्राकृतिक स्त्रोत

कार्बोहाइड्रेट मुख्यतः प्राकृतिक पौधों से प्राप्त किए जाते हैं। किसी पौधे के ठोस पदार्थ का 70% से अधिक भाग इन्हीं से बना होता है। हमारे भोजन में प्रयुक्त भिन्न प्रकार के कार्बोहाइड्रेट विभिन्न प्राकृतिक स्त्रोतों से प्राप्त होते हैं।

तालिका 31.1 कार्बोहाइड्रेटों के प्राकृतिक स्त्रोत

कार्बोहाइड्रेट का नाम	स्त्रोत
ग्लूकोस	अंगूर
फ्रक्टोस	शहद
सुक्रोस	गन्ना
लैक्टोस	दूध
स्टार्च	अनाज, जैसे मक्का
सेलूलोज़	पादप कोशिका भित्ति
ग्लाइकोजन	यकृत्

पाठगत प्रश्न 31.1

1. अपने भोजन के ऐसे तीन घटकों के नाम नाम बताइए, जिनसे कार्बोहाइड्रेट प्राप्त होते हैं।

.....

2. उस प्रक्रम का नाम बताइए जिसमें कार्बन डाइऑक्साइड और पानी से कार्बोहाइड्रेट बनता है।

.....

3. आपके भोजन के लिए कार्बोहाइड्रेटों का निर्माण कौन करता है?

.....

31.4 कार्बोहाइड्रेट का वर्गीकरण

कार्बोहाइड्रट बहुहाइड्रॉक्सी एल्डिहाइड अथवा कीटोन होते हैं; अथवा वे पदार्थ जिनके जल अपघटन से बहुहाइड्रॉक्सी ऐल्डिहाइड अथवा कीटोन प्राप्त होते हैं, कार्बोहाइड्रेट कहलाते हैं।

आमाप के अनुसार कार्बोहाइड्रेटों को नीचे लिखे तीन वर्गों में विभाजित किया जा सकता है :

मोनोसैकेराइड अथवा साधारण शर्कराएं : इनमें बहुहाइड्रॉक्सी ऐल्डिहाइड अथवा कीटोन इकाई होती है। इन्हें जल-अपघटन द्वारा, अधिक छोटी इकाइयों में विभाजित नहीं किया जा सकता है। प्रकृति में आमतौर पर पाया जाने वाला मोनोसैकेराइड छः कार्बन परमाणु वाली शर्करा, डी-ग्लूकोस ($C_6H_{12}O_6$) है।

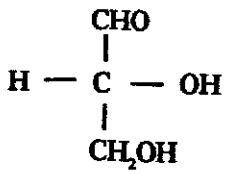
ओलिगोसैकेराइड : इनमें मोनोसैकेराइड इकाइयों की परस्पर संयुक्त छोटी श्रृंखला होती है। इनमें डायसैकेराइड सबसे अधिक मात्रा में पाए जाते हैं। इनमें दो मोनोसैकेराइड इकाइयां सहसंयोजी आबंधों द्वारा परस्पर संयुक्त रहते हैं।

उदाहरण के लिए गन्ने से प्राप्त सुक्रोस जो छः कार्बन शर्करा डी-ग्लूकोस और डी-फ्रक्टोस की इकाइयों के जुड़ने से बनता है। ट्राइसैकेराइड, टेट्रासैकेराइड आदि बड़े ओलिगोसैकेराइड होते हैं।

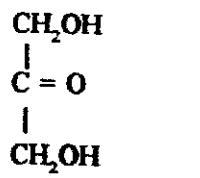
पॉलिसैकेराइड : पॉलिसैकेराइडों में सैंकड़ों या हज़ारों मोनोसैकेराइड इकाइयों की लंबी श्रृंखलाएं होती हैं, स्टार्च, सेलूलोस तथा ग्लाइकोजन इनके उदाहरण हैं।

31.5 कार्बोहाइड्रेटों की संरचना

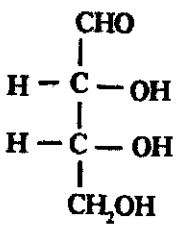
मोनोसैकेराइड सबसे साधारण कार्बोहाइड्रेट होते हैं। मोनोसैकेराइड का मुलानुपाती सूत्र $(CH_2O)_n$ है। इनमें सबसे सरल ट्रायोस होते हैं, जिनमें $n = 3$ होता है। जिन कार्बोहाइड्रेटों में – CHO होता है उन्हें ऐल्डोस कहते हैं और जिनमें $>C = O$ होता है उन्हें कीटोस कहते हैं। 4, 5, 6 तथा सात कार्बन परमाणु वाले मोनोसैकेराइड, क्रमशः टेट्रोस, पेन्टोस हेक्सोस और हेप्टोस कहलाते हैं।



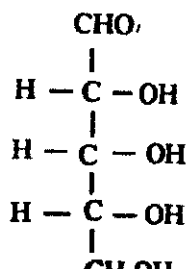
ग्लिसरैल्डिहाइड
(ऐल्डोस)



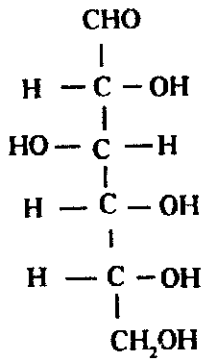
डाइहाइड्रॉक्सीऐसीटोन
(कीटोस)



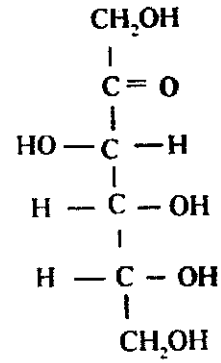
ऐरिथ्रोस
(टेट्रोस)



राइबोस (पेन्टोस)



डी-ग्लूकोस (हेक्सोस)



डी-फ्रक्टोस (हेक्सोस)

पाठगत प्रश्न 31.2

1. प्रकृति में सबसे अधिक मात्रा में पाया जाने वाला हेक्सोस कौन-सा है?

.....

2. ट्रायोस का एक उदाहरण दीजिए। क्या यह सबसे छोटा मोनोसैकेराइड है?

.....

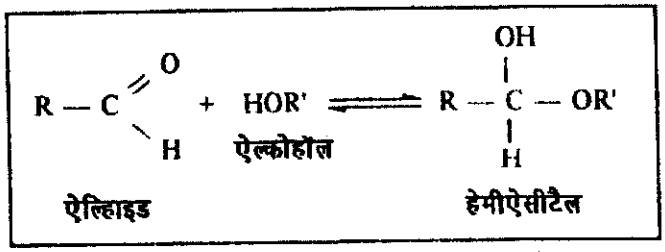
3. सही कथन पर (✓) का निशा लगाइए :
   (अ) स्टार्च पौधों से प्राप्त मोनोसैकेराइड है;
   (ब) स्टार्च ग्लूकोस का दूसरा नाम है;
   (स) स्टार्च पॉलिसैकेराइड है;
   (ड) स्टार्च, ग्लूकोस और फ्रक्टोस से बना ओलिगोसैकेराइड होता है।

.....

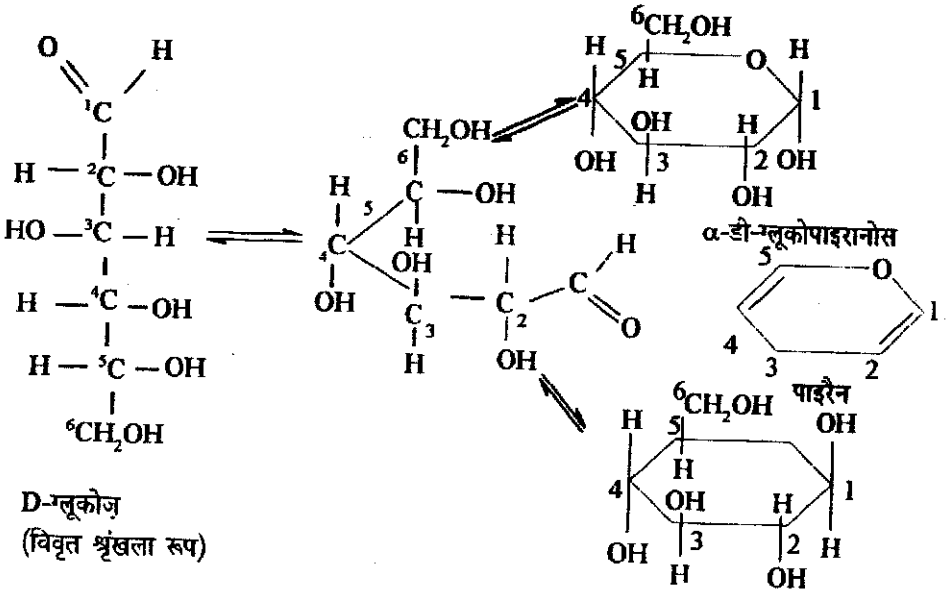
31.6 पेन्टोस और हेक्सोस के चक्रीकरण से वलय संरचना प्राप्त होती हैं

साधारणतया ऐल्कोहॉल के साथ ऐल्डिहाइड की अभिक्रिया से हेमीऐसीटैल प्राप्त होता है।

अर्थात एल्डिहाइड और एल्कोहॉल की अभिक्रिया से प्राप्त उत्पाद हेमीएसीटैल कहलाता है।



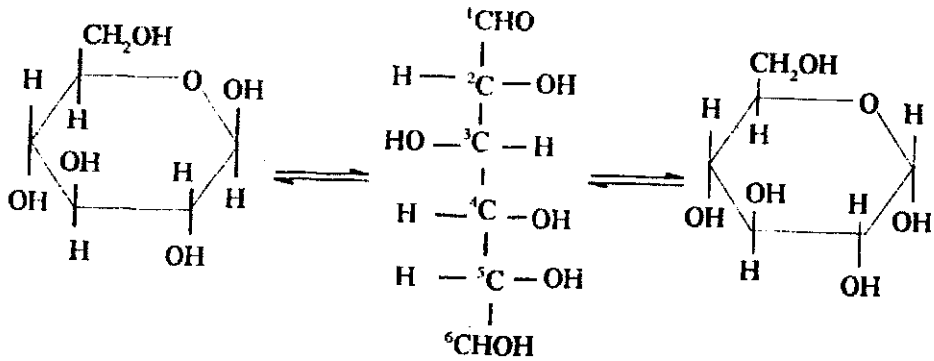
ग्लूकोस के विवृत श्रृंखला रूप में ऐल्डिहाइड का C–1, C_5 हाइड्रॉक्सी समूह से अभिक्रिया करके अंतःअणुक हेमीऐसीटैल बनाता है। इस प्रकार प्राप्त छः सदस्यों वाले वलय को पाइरैनोस कहते हैं क्योंकि वह पाइरैन के सदृश होता है।



D-ग्लूकोज़
(विवृत श्रृंखला रूप)

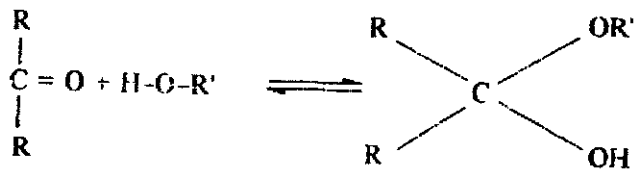
β-D-ग्लूकोपाइरैनोस

क्रिस्टलीकरण के दौरान भिन्न परिस्थितियों में उपयोग ग्लूकोज़ के α तथा β रूप प्राप्त किये जा सकते हैं। उनमें केवल C–1 पर हाइड्रॉक्सिल समूह के अभिविन्यास में भिन्नता होती है किन्तु जब उन्हें पानी में घोला जाता है तो साम्य स्थापित हो जाता है।

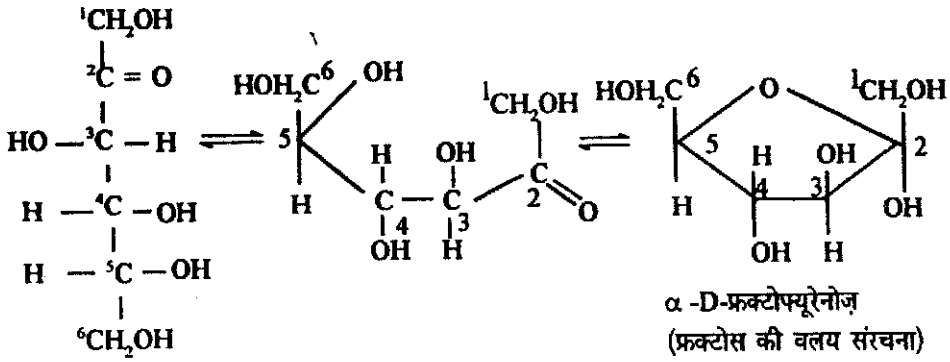


β-D ग्लूकोस ग्लूकोस का विवृत श्रृंखला रूप α-D ग्लूकोस

इसी तरह ऐल्कोहॉल के साथ कीटोन की अभिक्रिया से हेमीकीटैल प्राप्त होता है

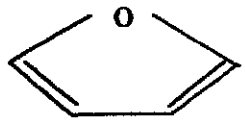


फ्रक्टोस के विवृत श्रृंखला रूप में C-2 कीटो समूह C_5 हाइड्रॉक्सी समूह के साथ अभिक्रिया कर अंतःअणुक हेमीकीटैल बनाता है। पांच सदस्यों की इस श्रृंखला को फ्यूरैनोस कहते हैं क्योंकि वह फ्यूरैन के सदृश होता है।



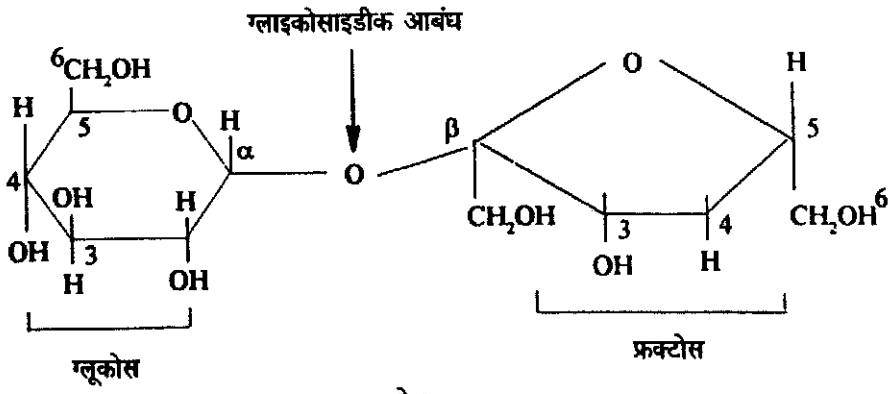
D-फ्रक्टोस

α -D-फ्रक्टोफ्यूरेनोज़
(फ्रक्टोस की वलय संरचना)



फ्यूरेन

उदाहरण के लिए सुक्रोस और लैक्टोस की संरचना नीचे दी गई है। स्मरणीय है कि α-D ग्लूकोस और β-D फ्रक्टोस के संयोग से सुक्रोस बनता है।

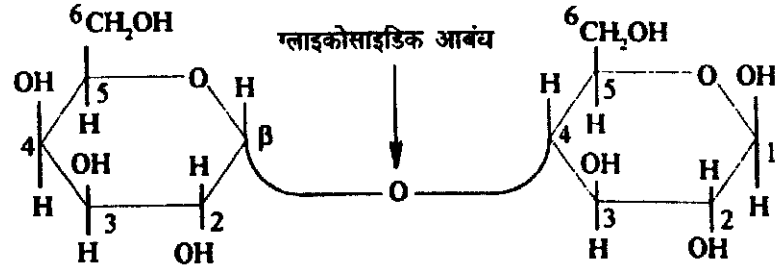


ग्लूकोस

फ्रक्टोस

सुक्रोस

पाठ 34 में आप β गैलेक्टोसिडेस के बारे में पढ़ेंगे।



ग्लूकोस

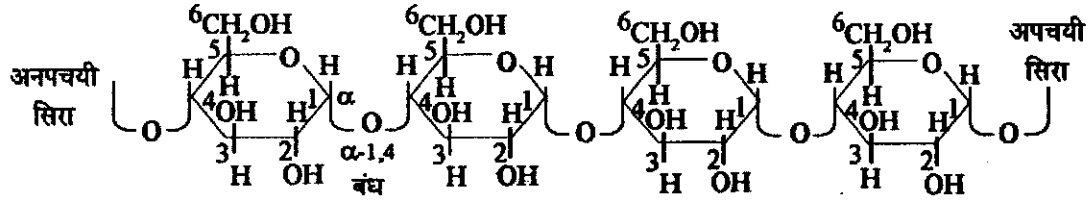
गैलेक्टोस

लैक्टोस

मोनोसैकेराइड के अनेक अणुओं के बहुलकन (अनेक छोटे अणुओं के जुड़ने से दीर्घ शृंखला के अणु का बनना) से पॉलिसैकेराइड बनते हैं। वे ग्लाइकोसाइडीक बंध द्वारा संयुक्त रहते हैं। ग्लाइकोसाइडीक आबंध दो मोनोसैकेराइडों के संयोग से बनता है, जो α-या β हो सकता है। उदाहरण के लिए स्टार्च α-D ग्लूकोस का बहुलक है, जबकि सेलुलोस β-D ग्लूकोस का बहुलक है। कुछ पॉलिसैकेराइड रैखिक होते हैं और कुछ शाखित होते हैं।

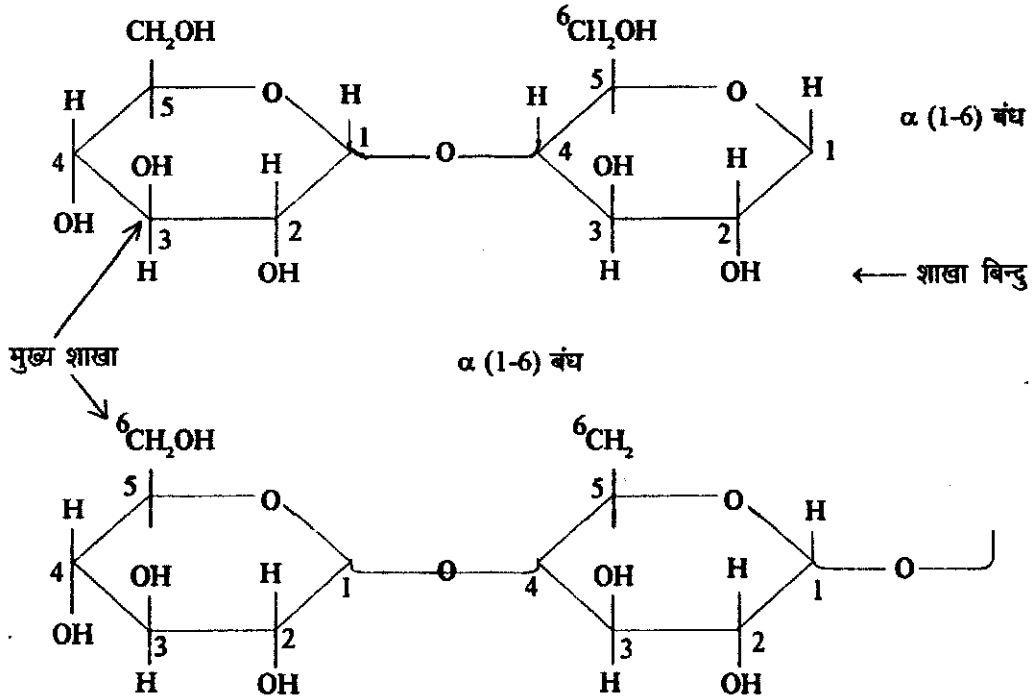
31.7 ऐमिलोस

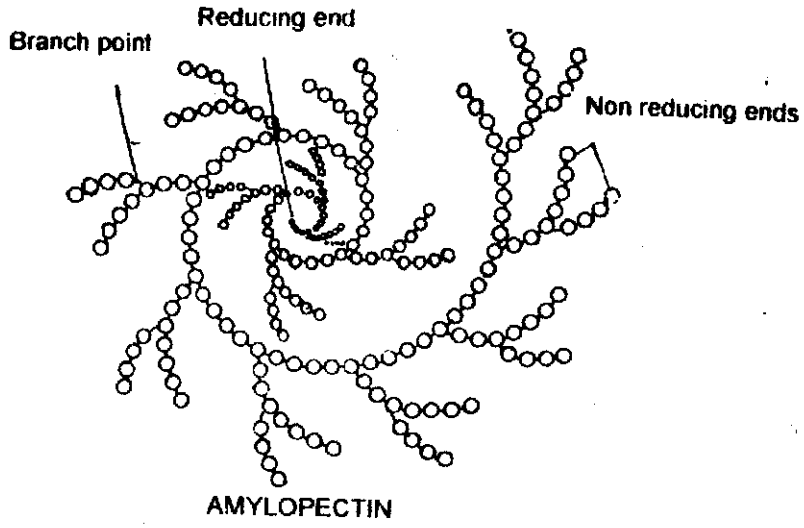
ऐमिलोस स्टार्च का एक घटक है। यह α–D ग्लूकोस का रैखिक बहुलक है जिसमें ग्लूकोस अणु परस्पर α-1-4 बंध द्वारा संयुक्त रहते हैं। दूसरे शब्दों में ग्लूकोस अणु का पहला कार्बन निकटवर्ती ग्लूकोस अणु के चौथे कार्बन परमाणु के साथ जुड़ा रहता है।



31.8 ऐमिलोपेक्टिन

ऐमिलोपेक्टिन में कुछ शाखाएं होती हैं जो किसी ग्लूकोस अणु के पहले कार्बन परमाणु को अन्य ग्लूकोस अणु के छटे कार्बन परमाणु से जोड़ती है। दो ग्लूकोस अणु के इस प्रकार के संयोजन को शाखा बिंदु कहते हैं। स्मरणीय है कि यह शाखा संयोजन, नियमित α-D (1–4) बंधों के अतिरिक्त होता है।





चित्र 31.1. ऐमीलोपेक्टिन का रेखाचित्र

चित्र 31.1 की सर्पिल अंडाकार संरचना से α-D ग्लूकोस (1–4) संबद्ध बहुलक का संकेत मिलता है। शाखा बिंदुओं को α(1–6) संबद्ध ग्लूकोस के रूप में दिखाया गया है। ऊपर दिया गया उदाहरण स्टार्च ऐमिलोपेक्टिन का घटक है। ऐमिलोस पानी में विलेय है, जबकि ऐमिलोपेक्टिन पानी में अविलेय है और उसमें शाखित शृंखला होती है। स्टार्च ऐमिलोस और ऐमिलोपेक्टिन का बना होता है।

31.9 कार्बोहाइड्रेटों का जैविक महत्व

कार्बोहाइड्रेट, पृथ्वी पर सबसे अधिक मात्रा में पाये जाने वाले कार्बनिक पदार्थ हैं, तथा जीवन के सभी रूपों में उनकी अनेक भूमिकाएं हैं। जीवों में उनकी महत्वपूर्ण भूमिकाएं नीचे दी गई है :

1. कार्बोहाइड्रेटों का उपयोग संचय अणुओं ईंधनों तथा चयापचयी मध्यवर्तियों के रूप में किया जाता है। उदाहरण के तौर पर पौधों में स्टार्च और जंतुओं में ग्लाइकोजेन पौलिसैकेराइड होता है, जिनका उपयोग शीघ्र ग्लूकोस बनाने के लिए किया जा सकता है। ग्लूकोस ऐडेनोसिन ट्राइफॉस्फेट (ए.टी.पी.) ऊर्जा अणु बनाने का स्त्रोत है जिसका जैव ऊर्जा प्राप्त करने के लिए सर्वत्र उपयोग किया जाता है।

2. राइबोस और डिऑक्सीराइबोस शर्कराएं क्रमशः राइबोन्यूक्लीइक अम्ल (आर.एन.ए) और डिऑक्सीराइबो न्यूक्लीइक अम्ल (डी.एन.ए.) के अभिन्न अंग हैं, आप इन अणुओं के बारे में पाठ 34 में पढ़ेंगे। संचयन और आनुवंशिक सूचना प्राप्त करने के लिए इन शर्कराओं के संरचनात्मक लचीलेपन का उपयोग किया जाता है।

3. जीवाणुओं और पौधों की कोशिका भित्ति और कीटों के शरीर के बाहरी हिस्से, धरती पर सब से अधिक पाये जाने वाले कार्बनिक अणु, सेलुलोस के बने होते हैं।

4. कार्बोहाइड्रेट का संबंध कई तरह के प्रोटीनों और लिपिडों से भी हैं, जो क्रमशः ग्लाइकोप्रोटीन और ग्लाइकोलिपिड नाम से जाने जाते हैं, ये अणु जीवों में महत्वपूर्ण और विशिष्ट कार्य करते हैं, जैसे मानव वृद्धि हॉर्मोन एक ग्लाइकोप्रोटीन है।

5. एक कोशिका से दूसरी कोशिका के संचरण में कार्बोहाइड्रेट बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। उदाहरण के तौर पर जब अंड के पृष्ठ पर मौजूद विशेष ओलिगोसैकेराइड के साथ शुक्राणु का संबद्ध होता है तो गर्भाधान आरंभ हो जाता है।

पाठगत प्रश्न 31.3

1. हेमीऐसीटैल के निर्माण को प्रदर्शित करने वाली एक अभिक्रिया लिखिए।

   ....

2. सुक्रोस और लैक्टोस की संरचना लिखिए।

   ....

3. कार्बोहाइड्रेटों का जैविक महत्व बताइए।

   ....

31.10 आपने पढ़ा कि

- कार्बोहाइड्रेट पृथ्वी में सर्वत्र पाये जाते हैं।
- कार्बोहाइड्रेट की संरचना और कार्य अनेक प्रकार के होते हैं।
- अंगूर, शहद, गन्ना, अनाज और दूध कार्बोहाइड्रेटों के प्राकृतिक स्त्रोत हैं।
- आमाप के अनुसार कार्बोहाइड्रेटों का वर्गीकरण मोनोसैकेराइड, ओलिगोसैकेराइड और पॉलिसैकेराइड में किया जा सकता है।
- मोनो, डाइ और पॉलिसैकेराइड की संरचना कैसी होती है।
- हेक्सोक्स की विवृत और वलय संरचना होती है।
- कार्बोहाइड्रेटों का जैविक महत्व क्या है?

31.11 पाठान्त प्रश्न

1. काबोहाइड्रेट के तीन महत्वपूर्ण कार्यों का वर्णन कीजिए।

   ....

2. मोनोसैकेराइड, डाइसैकेराइड और पॉलिसैकेराइड का वर्णन कीजिए। प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए।

   ....

3. ग्लूकोस और फ्रक्टोस की विवृत और वलय संरचनाओं को आरेखित कीजिए।

   ....

4. किन मोनोसैकेराइडों में सुक्रोस और फ्रक्टोस होते हैं?

   ....

5. ऐमिलोस और ऐमिलोपेक्टिन में क्या भिन्नता है?

.....

6. स्टार्च क्या होता है? यह किसका बना होता है? स्टार्च और सेलुलोस में भिन्नता बताइए।

.....

अपने उत्तरों की जांच कीजिए

पाठगत प्रश्न 31.1

1. चीनी, दूध और रोटी
2. प्रकाश संश्लेषण
3. पौधे

पाठगत प्रश्न 31.2

1. ग्लूकोस, ऐल्डोस
2. ग्लिसरैल्डिहाइड, हाँ, वह सबसे छोटा होता है।
3. स

पाठगत प्रश्न 31.3

1. भाग 31.6 देखिए
2. भाग 31.6 देखिए
3. भाग 31.9 देखिए

पाठान्त प्रश्न

1. देखिए भूमिका तथा कार्बोहाइड्रेटों का महत्व (31.9)
2. देखिए कार्बोहाइड्रेट का वर्गीकरण (31.4)
3. देखिए कार्बोहाइड्रेट की संरचना (31.5 और 31.6)
4. देखिए सुक्रोस और लैक्टोस की संरचना (31.6)
5. देखिए भाग 31.7 और 31.8
6. देखिए भाग 31.6 और 31.8

32

प्रोटीन

32.1 भूमिका

प्रोटीन (यूनानी शब्द 'प्रोटीओस' से व्युत्पन्न जिसका अर्थ है—प्राथमिक) किसी भी जीवित प्राणी की कोशिका के मुख्य घटक होते हैं। इनकी सभी जैविक प्रक्रमों में सर्वाधिक महत्वपूर्ण भूमिका होती है। हमारे दैनिक भोजन में दालें, अंडे, मांस और दूध प्रोटीन के समृद्ध स्त्रोत हैं और संतुलित आहार के लिए अत्यावश्यक हैं। इस पाठ में आप प्रोटीनों की संरचना, स्त्रोत, वर्गीकरण और उनसे संबद्ध अन्य पहलुओं के बारे में पढ़ेंगे।

32.2 उद्देश्य

इस पाठ को पढ़ने के बाद आप :

- प्रोटीन की परिभाषा बता सकेंगे,
- प्रोटीन का संघटन लिख सकेंगे,
- ऐमीनों अम्लों और उनकी संरचना का वर्णन कर सकेंगे,
- प्रोटीन के प्राकृतिक स्त्रोतों की सूची बना सकेंगे,
- प्रोटीनों का वर्गीकरण कर सकेंगे,
- प्रोटीनों की संरचना का वर्णन कर सकेंगे और
- जैव तंत्र में प्रोटीनों के कार्यों की सूची बना सकेंगे।

32.3 प्रोटीन क्या होते हैं?

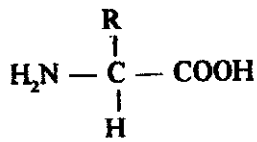
प्रोटीन, ऐमीनो अम्लों के रैखिक, अशाखित बहुलक होते हैं। वे उच्च अणुभार वाले नाइट्रोजन युक्त कार्बनिक यौगिक होते हैं जिनकी अत्यंत संकुल संरचना होती है। ऐमीनो अम्लों को प्रोटीनों का इमारती खंड कहा जाता है और वे पेप्टाइड आबंधों द्वारा लंबी शृंखलाओं में परस्पर संयुक्त रहते हैं।

32.4 ऐमीनो अम्ल : प्रोटीनों के इमारती खंड

जैसा कि पहले बताया गया है ऐमीनो अम्ल प्रोटीन की मूल इकाइयां होती हैं। आइए, अब ऐमीनो अम्लों के बारे में और अधिक जानकारी प्राप्त करें।

ऐमीनो अम्ल अथवा ऐमीनो कार्बोक्सिलिक अम्ल जैव कार्बोक्सिलिक अम्ल होते हैं, जिनमें हाइड्रोकार्बन शृंखला का कम से कम एक ऐमीनो समूह ($-NH_2$) द्वारा प्रतिस्थापित रहता है।

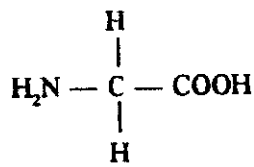
ऐमीनो अम्ल की सामान्य संरचना निम्नलिखित सूत्र द्वारा निरुपित की जा सकती है।



जिसमें $-NH_2$ ऐमीनो समूह है -COOH कार्बोक्सिलिक समूह है और -R ऐल्किल समूह अथवा ऐरिल समूह अथवा पार्श्व शृंखला है।

साधारणतया, जीवों में प्रोटीनों के इमारती खंड के रूप में, बीस भिन्न प्रकार के ऐमीनों अम्ल पाये जाते हैं। ऐमीनो अम्ल केवल पार्श्व शृंखला (-R समूह) में एक दूसरे से भिन्न होते हैं। -COOH समूह में जिस कार्बन अणु से -R और $-NH_2$ समूह आबद्ध रहते हैं उससे COOH समूह भी संयुक्त रहता है। प्रोटीन से प्राप्त सभी प्राकृतिक ऐमीनो अम्लों को ऊपर दिए गए सूत्र द्वारा निरुपित किया जा सकता है और उन्हें α-ऐमीनो अम्ल कहते हैं, रसायनतः निर्मित β अथवा α-ऐमीनो अम्ल भी ज्ञात है।

प्रोटीन हाइड्रोलाइसेट (प्रोटीन के जल-अपघटन का उत्पाद) से अलग किया गया पहला ऐमीनो अम्ल ग्लाइसीन है जिसमें R = H होता है। इसलिए ग्लाइसीन का सूत्र लिखने के लिए ऊपर दिए गए सामान्य सूत्र में R के स्थान पर H से लिखा जाता है–



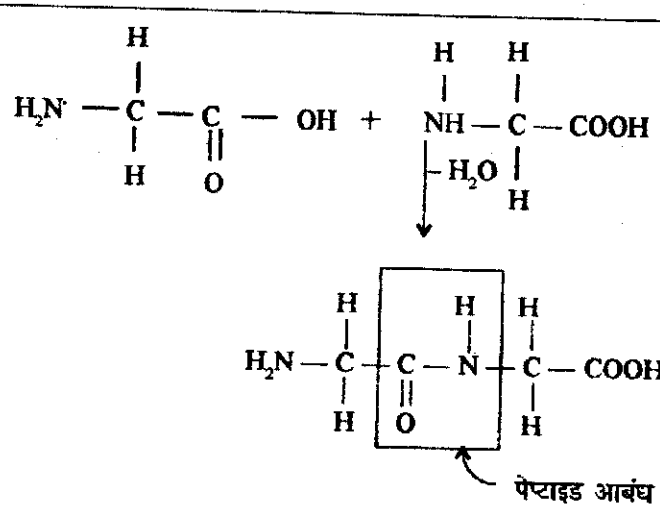
जीवाणु और पौधे प्रोटीन में मौजूद सभी ऐमीनो अम्लों को संश्लेषित कर सकते हैं, जबकि मनुष्य और अन्य जन्तु चयापचयी मध्यवर्तियों द्वारा बीस में से लगभग दस अम्लों को ही संश्लेषित कर सकते हैं। जन्तुओं के शरीर की सामान्य क्रिया के लिए आवश्यक शेष ऐमीनो अम्लों को पोषण के लिए आवश्यक ऐमीनो अम्ल कहते हैं, इन्हें भोजन से प्राप्त करना जरूरी होता है। जिन ऐमीनों अम्लों को उभयधर्मी मध्य-वर्तियों द्वारा संश्लेषित किया जा सकता है उन्हें पोषण के लिए **"अनावश्यक ऐमीनों अम्ल"** कहते हैं। प्रत्येक ऐमीनो अम्ल को संक्षेप में तीन अक्षरों के संकेत द्वारा व्यक्त किया जाता है, नीचे तालिका 32.1 में आवश्यक ऐमीनो अम्लों की सूची दी गयी है :

तालिका 32.1: आवश्यक ऐमीनो अम्ल तथा उनकी संकेत पद्धति

आवश्यक ऐमीनो अम्ल	संकेत पद्धति
आर्जिनीन	Arg
हिस्टिडीन	His
आइसोल्यूसीन	Ile
ल्यूसीन	Leu
लाइसीन	Lys
मेथायोनीन	Met
फेनिल ऐलैनीन	Phe
थ्रिओनीन	Thr
ट्रिप्टोफान	Trp
वेलीन	Val

पेप्टाइड आबंध :

पेप्टाइड आबंध (–CO–NH–) एक ऐमीनो अम्ल के कार्बोक्सिल समूह और दूसरे ऐमीनो अम्ल के ऐमीनो समूह से, एक जल अणु के निष्कासन से प्राप्त होता है।



चित्र 32.1. ग्लाइसिलिसीन

पाठगत प्रश्न 32.1

1. प्रोटीन क्या होते हैं ?

.....

.....

2. ऐमीनो अम्ल की सामान्य संरचना लिखिए।

.....

3. प्रकृति में कितने ऐमीनो अम्ल पाये जाते हैं ?

.....

4. पेप्टाइड आबंध क्या होता है ? किसी डाइपेप्टाइड को आरेखित कीजिए।

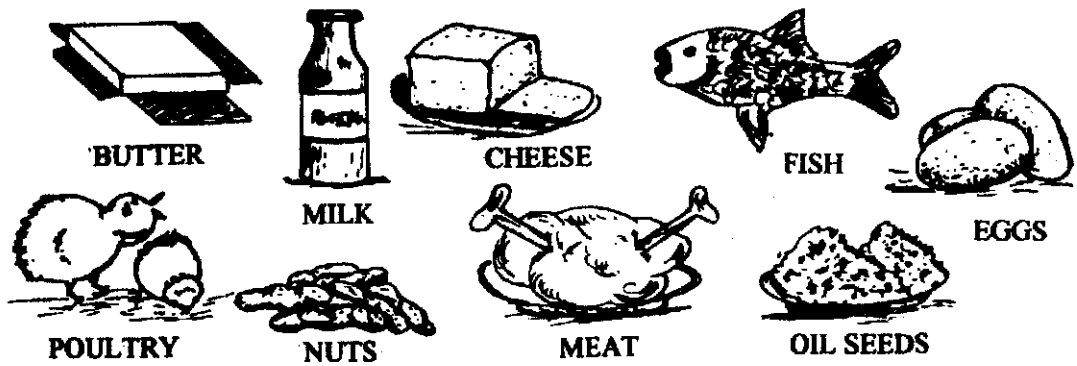
.....

32.5 प्रोटीनों का संघटन

प्रोटीन के तात्विक संघटन में कार्बन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन, हाइड्रोजन और गंधक शामिल है। कुछ प्रोटीनों में फॉस्फोरस और सूक्ष्म मात्रा में तांबा तथा लोहा जैसी धातुएं भी पाई जाती हैं। ये धातु प्रोटीनों की क्रिया के लिए अनिवार्य होते हैं। प्रोटीन उच्च अणुभार वाले यौगिक हैं। उनका अणुभार 5000 amu से लाखों amu तक होता है।

32.6 प्रोटीनों के प्राकृतिक स्त्रोत

दालें, अंडे, मांस, मछली, मुर्गा, अंकुरित अनाजों, सोयाबीन, दूध तथा दूध से बनी अन्य वस्तुओं में प्रोटीनों की भरपूर मात्रा होती है।



चित्र 32.2. प्रोटीन के प्राकृतिक स्त्रोत।

32.7 प्रोटीनों का वर्गीकरण

रासायनिक संघटन, आकार तथा विलेयता के आधार पर प्रोटीन को तीन प्रमुख वर्गों में विभाजित किया जा सकता है : (1) सामान्य प्रोटीन, (2) संयुग्मी प्रोटीन और (3) व्युत्पन्न प्रोटीन। अब हम प्रत्येक के बारे में विस्तार से पढ़ेंगे।

i) **सामान्य प्रोटीन :** सामान्य प्रोटीन वे हैं जिनसे, जलअपघटन के बाद, केवल ऐमीनो अम्ल ही प्राप्त होते हैं और अन्य कोई कार्बनिक अथवा अकार्बनिक जलअपघटन उत्पाद प्राप्त नहीं होता है। विलेयता के आधार पर सामान्य प्रोटीनों को दो प्रमुख वर्गों में विभाजित किया जाता है : रेशेदार प्रोटीन और गोलिकामय प्रोटीन।

रेशेदार प्रोटीन : ये अविलेय जैव प्रोटीन होते हैं, जैसे कोलैजन (संयोजी ऊतकों का प्रमुख प्रोटीन) इलास्टिन (धमनियों और प्रत्यास्थ ऊतकों का प्रोटीन) केराटिन (केश, ऊन, पंखपिच्छ, खुर और नाखून का प्रोटीन) रेशेदार प्रोटीन के उदाहरण हैं।

गोलिकामय प्रोटीन : ये प्रोटीन आमतौर पर जल या जलीय लवण अम्लों, क्षारकों या ऐल्कोहॉल में विलेय होते हैं। गोलिकामय प्रोटीन के कुछ उदाहरण अंडे की सफेदी, ग्लोबुलिन (सीरम में मौजूद) फ्राइब्रिनोजन, मायोसिन (मांसपेशियों में) सोयाबीन का दूध हिस्टोन (क्रोमोसोम में मौजूद) और हीमोग्लोबिन है।

ii) **संयुग्मी प्रोटीन :** संयुग्मी प्रोटीन संकुल प्रोटीन होते हैं, जिनके जल-अपघटन से, न केवल ऐमीनो अम्ल प्राप्त होते हैं, बल्कि अन्य कार्बनिक और अकार्बनिक घटक भी प्राप्त होते हैं। संयुग्मी प्रोटीनों के गैर ऐमीनो अम्ल भाग को प्रॉस्थेटिक समूह कहते हैं।

सामान्य प्रोटीन के विपरीत, संयुग्मी प्रोटीनों का वर्गीकरण उनके प्रॉस्थेटिक समूहों के रासायनिक स्वभाव के अनुसार किया जाता है। ये हैं :

(अ) न्यूक्लिओप्रोटीन (प्रोटीन + न्यूक्लीक अम्ल)

(ब) म्यूकोप्रोटीन और ग्लाइकोप्रोटीन (प्रोटीन + कार्बोहाइड्रेट)

(स) क्रोमोप्रोटीन (प्रोटीन + रंगीन वर्णक)

(ड) लिपोप्रोटीन (प्रोटीन + लिपिड)

(इ) मैटलोप्रोटीन (धातु बंधक प्रोटीन, जो लोहा, तांबा और जस्ते के साथ संयुक्त होते हैं)

(फ) फॉस्फोप्रोटीन (फॉस्फोरिक समूह के साथ संयुक्त प्रोटीन)

iii) **व्युत्पन्न प्रोटीन :** ये प्रोटीन प्रकृति में मुक्त प्रोटीनों के रूप में नहीं पाए जाते हैं। प्राकृतिक प्रोटीन के आंशिक जल-अपघटन से व्युत्पन्न प्रोटीन प्राप्त होते हैं। जल-अपघटन प्रोटिएसों द्वारा किया जाता है (जो स्वयं प्रोटीन एन्जाइम हैं और प्रोटीनों को छोटी उप-इकाइयों में विभाजित कर देते हैं) पेप्टोन (प्रोटीनों के भंजन से प्राप्त उत्पाद) व्युत्पन्न प्रोटीनों के उदाहरण हैं।

पाठगत प्रश्न 32.2

1. प्रोटीन अणु में कौन-से तत्व होते हैं ?

   .....

2. प्रोटीनों के दो प्राकृतिक स्त्रोतों के नाम बताइए।

   .....

3. सामान्य प्रोटीन क्या होते हैं? उन समूहों के नाम बताइए जिनमें सामान्य प्रोटीन विभक्त किये जा सकते हैं। प्रत्येक का एक उदाहरण दीजिए।

   .....

4. संयुग्मी प्रोटीन क्या हैं ? उनका वर्गीकरण कैसे किया जा सकता है ?

.....

5. व्युत्पन्न प्रोटीनों का एक उदाहरण दीजिए।

.....

32.8 प्रोटीनों की संरचना

प्रोटीन संकुल और वृहत् अणु होते हैं। छोटी-सी कोशिका में ठीक आने के लिए प्रत्येक प्रोटीन अणु को बहुत सुसंहत संरचना में वलित होना पड़ता है। वलन से प्रत्येक प्रोटीन की चार स्तरीय संरचनाएं प्राप्त होती हैं। ये हैं (1) प्राथमिक (2) द्वितीयक (3) तृतीयक और (4) चतुष्क संरचना।

i) प्राथमिक संरचना : प्राथमिक संरचना प्रोटीन की संरचना के अन्य स्तरों को निर्धारित करती है। प्रोटीन की प्राथमिक संरचना ऐमीनो अम्लों का अनुक्रम होता है, जो पेप्टाइड आबंधों द्वारा संयुक्त शृंखला बनाते हैं। देखिए चित्र 32.3 (चित्र 32.1 में एक ऐमीनो अम्ल के कार्बोक्सिल समूह तथा दूसरे ऐमीनो अम्ल के ऐमीनो समूह के बीच पेप्टाइड आबंध को देखिए) यह प्राथमिक संरचना पॉलिपेप्टाइड शृंखला का सहसंयोजी आधार होता है। ऐमीनो अम्ल, सहसंयोजी आबंध अर्थात पेप्टाइड आबंध द्वारा एक-दूसरे से जुड़े रहते हैं,

Arg-Leu-Val-Thr-Arg-Trp-Phe

चित्र 32.3: प्रोटीन की प्राथमिक संरचना, जिसमें ऐमीनो अम्ल का अनुक्रम दिखाया गया है।

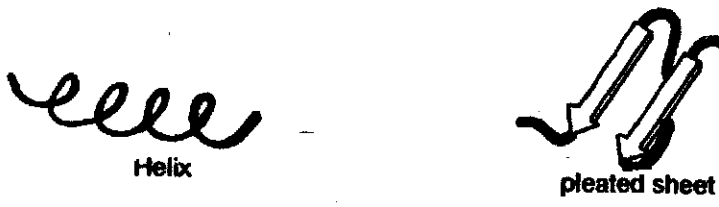
यह ऐमीनों अम्ल के अवशेषों का रैखिक अनुक्रम है और प्राथमिक संरचना को व्यक्त करता है।

ii) द्वितीयक संरचना : आप जानते हैं कि प्रोटीन अणु में परमाणु परस्पर संयोजी आबंधों द्वारा जुड़े रहते हैं, प्रोटीन ऐसा अणु है जिसमें कई अणु, अर्थात ऐमीनो अम्ल परस्पर जुड़े रहते हैं। पेप्टाइड आबंधों के द्वारा संयोजक बंधना के अलावा अन्य ऐसे आबंध भी हैं जो प्रोटीन की संरचना को स्थिरता प्रदान करते हैं और प्रोटीन को एक विशिष्ट लाक्षणिक आकार प्रदान करते हैं। इनमें हाइड्रोजन आबंध और वान्डरवाल्स बल शामिल है। इस प्रकार की पारस्परिक क्रिया होने पर शृंखला रैखिक हो जाती है।

निकटवर्ती ऐमीनो अम्लों की पारस्परिक क्रिया से द्वितीयक संरचना प्राप्त होती है द्वितीयक संरचना में पेप्टाइड शृंखला के नियमित पुनरावर्ती संरूप (अभिलक्षणिक संरचना) होते हैं।

यह संरचना एक पेप्टाइड आबंध के - C=O समूह और निकटवर्ती पेप्टाइड आबंध के -NH- समूह के बीच हाइड्रोजन आबंधों के बनने से प्राप्त होती है।

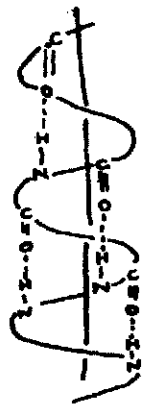
आम तौर पर प्रोटीनों में दो प्रकार की पुनरावर्ती संरचनाएं पाई जाती है। इन्हें α-हेलिक्स और β-प्लीटेड शीट कहा जाता है। इन्हें चित्र 32.4 में दिखाया गया है



α-हेलिक्स β-प्लीटेड शीट

चित्र 32.4: α-हेलिक्स और β-प्लीटेड शीट का आरेखी निरुपण।

α-हेलिक्स : जब एक ही शृंखला में पेप्टाइड आबंधों के बीच हाइड्रोजन आबंध बनते हैं तो α-हेलिक्स निर्मित होते हैं (देखिए चित्र 32.5)। α-हेलिक्स की बनावट शलाका (छड़) के समान होती है जिसके भीतर पेप्टाइड आबंध मज़बूती से कुंडलित रहते हैं और ऐमीनो अम्ल के अवशेष (R) की पार्श्व शृंखलाएं बाहर की ओर निकली होती हैं,। आम तौर पर α-हेलिक्स में प्रत्येक -CO पेप्टाइड आबंध के -NH के साथ हाइड्रोजन आबंध द्वारा संयुक्त रहता हैं, जो चार अवशेषों की दूरी पर होता है।



चित्र 32.5: प्रोटीन की α-हेलिक्स संरचना, जिसमें एक ही शृंखला के पेप्टाइड आबंधों के बीच हाइड्रोजन आबंधन दिखाया गया है।

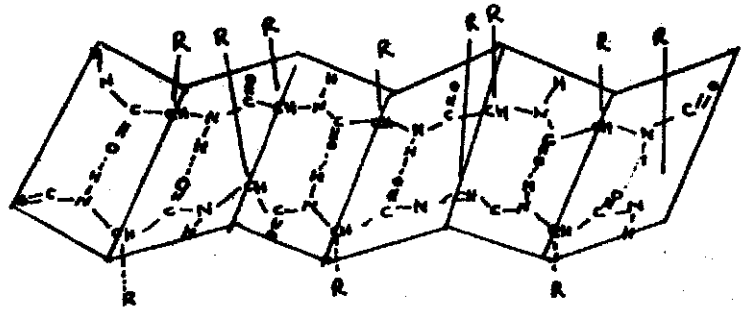
β-प्लीटेड शीट संरचना : इसकी विशेषताएं नीचे दी गई हैं :

अ) β-प्लीटेड शीट संरचनाएं गोलिकामय प्रोटीन सहित अनेक प्रोटीनों में पाई जाती हैं, इनमें कुछ विलेय तथा कुछ रेशेदार प्रोटीन होते हैं।

ब) उन्हें प्लीटेड इसलिए कहा जाता है क्योंकि चतुष्फलकीय होने के कारण C-C आबंध सीधी पंक्ति में नहीं पाया जाता है (देखिए चित्र 32.6)।

स) शृंखलाएं पास-पास होती हैं और एक पेप्टाइड आबंध के -CO समूह और निकटवर्ती शृंखला के दूसरे पेप्टाइड आबंध के -NH समूह के बीच हाइड्रोजन आबंध होता है।

ड) यदि शृंखलाओं की दिशा एक ही हो (यानी दोनों शृंखलाओं के -NH सिरे एक ही तरफ हों) तो उसे समानांतर β-शीट कहते हैं, यदि शृंखलाएं विपरीत दिशा में हो (यानी शृंखला का $-NH_2$ सिरा एक तरफ और दूसरी शृंखला का $-NH_2$ सिरा दूसरी तरफ हो) तो उसे असमांतर β-शीट कहते हैं।



चित्र 32.6: प्रति समांतर β-प्लीटेड शीट। प्रति समांतर निकटवर्ती शृंखलाओं के बीच हाइड्रोजन आबंधों के साथ समतलीय पेप्टाइड आबंध दिखाये गये हैं।

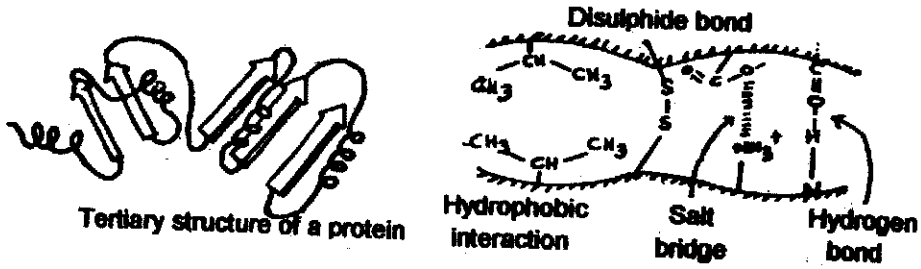
iii) **तृतीयक संरचना :** एक बार द्वितीयक संरचना बन जाने पर प्रोटीन अणु के विभिन्न क्षेत्र स्वतंत्र रूप से अलग-अलग प्रांतों में वलयित होकर प्रोटीन को त्रिविम अथवा तृतीयक संरचना प्रदान करते है। प्रत्येक प्रोटीन में अनेक प्रांत होते हैं जिनसे बहुत लंबा संहत अणु बनता है। अणु में एक सामान्य पॉलिपेप्टाइड आधार संरचना विभिन्न प्रांतों को परस्पर जोड़ती है। ऐसे अनेक बल हैं, जो प्रोटीन अणु को तृतीयक संरचना में वलयित कर उसे स्थायित्व प्रदान करते हैं, वे बल इस प्रकार हैं :

अ) **हाइड्रोजन आबंधन :** हाइड्रोजन आबंध दुर्बल आबंध होता है। यह आबंधन सहसंयोजकता द्वारा आबंधित हाइड्रोजन परमाणु और उसी अथवा भिन्न अणु में मौजूद ऑक्सीजन या नाइट्रोजन जैसे अत्यंत ऋणविद्युत परमाणु के बीच होता है।

ब) **आयनी आबंधन :** आयनी आबंधन ऋणायनी और धनायनी पार्श्व शृंखलाओं के बीच होता है जिसके फलस्वरूप पार्श्व शृंखला तिर्यक बंधन होता है।

स) **सहसंयोजक आबंधन :** अंतः शृंखला, सहसंयोजक आबंधन का सबसे सामान्य रूप डाइसल्फाइड आबंध हैं। ये प्रोटीन अणु में सिस्टीनों के गंधक परमाणुओं के बीच बनते है। इस तरह के डाइसल्फाइड –S–S– सहसंयोजक आबंध एक पॉलिपेप्टाइड शृंखला अंतरा शृंखला में या भिन्न पॉलिपेप्टाइड शृंखलाओं (अंतः शृंखला) में बन सकते हैं।

द) **जल विरागी आबंधन :** बहुत से ऐमीनो अम्लों के अवशिष्टों में जलविरागी पार्श्व शृंखलाएं होती हैं। जलीय विलयन में प्रोटीन वलयित हो जाते हैं, जिससे अधिकांश जल विरागी शृंखलाएं वलयों के अंदर गुच्छे बना लेती हैं। जलरागी ध्रुवीय पार्श्व शृंखलाएं, प्रोटीन पृष्ठ के बाहर की ओर रहती हैं। पेप्टाइड शृंखला के अंदर और दो पेप्टाइड शृंखलाओं के बीच इन आबंधों का आरेखित निरूपण चित्र 32.7 में दिखाया गया है।



चित्र 32.7: प्रोटीन संरचना को स्थायित्व प्रदान करने वाले विभिन्न बल।

iv) चतुष्क संरचना : आपको इंसुलिन के बारे में पता होगा जिसका इस्तेमाल मधुमेह के इलाज के लिए किया जाता है। मधुमेह एक ऐसा रोग है जिसमें रक्त में ग्लूकोस का स्तर बढ़ जाता है। ऐसा इंसुलिन के अभाव अथवा अपर्याप्त मात्रा के कारण होता है। इंसुलिन अग्नाशय द्वारा निस्सारित प्रोटीन हारमोन है। यह दो पेप्टाइड शृंखलाओं से बना होता है। ये शृंखलाएं परस्पर डाइसल्फाइड आबंधों द्वारा संयुक्त रहती हैं। ये दो शृंखलाएं एक-दूसरे के चारों ओर वलयित भी रहती हैं, जो उसे विशिष्ट त्रिविम आकार प्रदान करती हैं और उसके द्वारा की जाने वाली क्रिया के लिए आवश्यक है। यह प्रोटीन की चतुष्क संरचना को निरुपित करता है। इस प्रकार चतुष्क संरचना, असहसंयोजक अन्योन्य क्रियाओं द्वारा और साथ ही दो शृंखलाओं के अवशिष्टों के बीच सहसंयोजक तिर्यक आबंधों द्वारा भी प्राप्त होती है (देखिए चित्र 32.8)।

चित्र 32.8: असहसंयोजक और सहसंयोजक आबंधों द्वारा परस्पर संयुक्त दो पॉलिपेप्टाइड शृंखलाएं।

इस प्रकार पॉलिपेप्टाइड शृंखला के क्रमित वलयन तहें से एक कोशिका में हज़ारों प्रोटीन अणु सुसंहत रूप में आ सकते हैं।

32.9 जैव तंत्रों में प्रोटीन के कार्य

1. प्रोटीन कोशिकाओं के संरचनात्मक घटक होते हैं।
2. एन्जाइम नामक जैव रासायनिक उत्प्रेरक, प्रोटीन होते हैं।
3. इम्यूनो ग्लोबुलिन नाम के प्रोटीन, संक्रमण से रक्षा करते हैं।
4. इंसुलिन आदि बहुत से हॉर्मोन प्रोटीन होते हैं। हॉर्मोन, उपापचयन से जनन तक अनेक कोशिका क्रियाओं को नियंत्रित करते हैं।

5. ऑक्सीजन जीवित रहने के लिए अनिवार्य है। हीमोग्लोबिन नाम के प्रोटीन में ऑक्सीजन को बांधने की अद्‌भुत क्षमता होती है और वह ऑक्सीजन को रुधिर से विभिन्न ऊतकों तक ले जाने में वाहक का काम करता है।
6. प्रोटीन वृद्धि और मरम्मत का काम करते हैं।
7. असामान्य चयापचयी स्थिति के निराकरण में भी प्रोटीन भाग लेते हैं।
8. प्रोटीन अनेक संकुल अणुओं के प्रमुख घटक होते हैं, विशेष रूप से वे विभिन्न ऊतकों में मौजूद रहते हैं।
9. फाइब्रिनोज़न नामक प्रोटीन खून को बहने से रोकता है (हिमोस्टैटिस) और जाल-तंत्र की तरह बहुलकिता हो जाता है (थ्रोमबोसिस)।

पाठगत प्रश्न 32.3

1. प्रोटीन की प्राथमिक संरचना क्या है ?

.....

2. प्रोटीन की द्वितीयक संरचना में किस प्रकार की पुनरावर्ती संरचनाएं होती हैं ?

.....

3. α-हेलिक्स तथा β-प्लीटेड शीट में किस प्रकार का आबंधन होता है ?

.....

4. उन बलों के नाम बताइए जो प्रोटीन के तृतीयक संरचना को स्थिरता प्रदान करते हैं।

.....

5. प्रोटीन की चतुष्क संरचना क्या है ? चतुष्क संरचना का क्या महत्व है ?

.....

32.10 आपने पढ़ा कि

- प्रोटीन ऐमीनो अम्ल के बहुलक होते हैं।
- प्रोटीन शृंखला में ऐमीनो अम्ल पेप्टाइड आबंध द्वारा संयुक्त रहते हैं।
- शरीर, सब ऐमीनो अम्ल का संश्लेषण नहीं कर सकता है।
- प्रोटीन कार्बन, नाइट्रोजन, हाइड्रोजन तथा गंधक से बने होते हैं।
- संघटन, आकार और विलेयता के आधार पर प्रोटीन को तीन प्रमुख वर्गों में बांटा गया है। ये हैं—सामान्य प्रोटीन, संयुग्मी प्रोटीन और व्युत्पन्न प्रोटीन।

- प्रोटीन की अंतिम संरचना पॉलिपेप्टाइड शृंखला में क्रमित आबंधन से प्राप्त होती हैं। अंतिम संरचना को विभिन्न बल स्थिरता प्रदान करते हैं।
- प्रोटीन हमारे लिए बहुत महत्वपूर्ण है और कोशिकाओं में अनेक क्रियाएं करते हैं जो हमारे जीवित रहने के लिए नितांत आवश्यक हैं।

32.11 पाठान्त प्रश्न

1. आप आवश्यक और अनावश्यक ऐमीनो अम्लों से क्या समझते हैं ?

   .....

2. संरचना के आधार पर प्रोटीनों का वर्गीकरण कीजिए।

   .....

3. निम्न विषयों पर संक्षिप्त टिप्पणियाँ लिखिए :

   सामान्य प्रोटीन, संयुग्मी प्रोटीन

   .....

4. β-प्लीटेड शीट के बारे में संक्षेप में लिखिए।

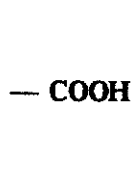
   .....

5. जैव तंत्रों में प्रोटीन के कार्यों का उल्लेख कीजिए।

   .....

अपने उत्तरों की जांच कीजिए

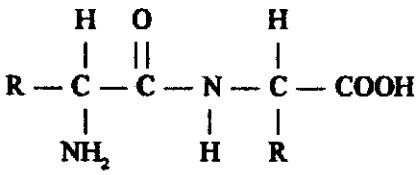
पाठगत प्रश्न 32.1

1. भाग 32.3 का कोष्ठ देखिए।
2. प्रोटीन, ऐमीनो अम्लों से बने होते हैं।
3. 

   जिसमें $-NH_2$ ऐमीनो समूह, -COOH कार्बोक्सिलिक समूह और -R कार्बनिक समूह अथवा पार्श्व शृंखला है।

4. 20, देखिए भाग 32.4, पैरा 3

5. देखिए भाग 32.4, कोष्ठ



पाठगत प्रश्न 32.2

1. देखिए भाग 32.5
2. देखिए भाग 32.6
3. देखिए भाग 32.7
4. देखिए भाग 32.7। संयुग्मी प्रोटीन का वर्गीकरण उनके प्रॉस्थेटिक समूह के रासायनिक स्वभाव के आधार पर किया जाता है।
5. देखिए भाग 32.7

पाठगत प्रश्न 32.3

1. प्रोटीन की प्राथमिक संरचना ऐमीनो अम्ल का अनुक्रम होता है, जो पेप्टाइड आबंध द्वारा संयुक्त होकर एक शृंखला बनाते हैं।
2. देखिए भाग 32.8
3. H-आबंधन
4. देखिए भाग 32.8
5. असहसंयोजक अन्योन्य क्रिया अथवा सहसंयोजक तिर्यक बन्धन (देखिए भाग 32.8)

पाठान्त प्रश्न

1. देखिए भाग 32.4
2. रासायनिक संघटन, आकार और विलेयता के आधार पर प्रोटीन को तीन प्रमुख वर्गों में बांटा गया है : (1) सामान्य प्रोटीन (2) संयुग्मी प्रोटीन और (3) व्युत्पन्न प्रोटीन।
3. देखिए भाग 32.7
4. देखिए भाग 32.8
5. देखिए भाग 32.9

34

न्यूक्लीक अम्ल

34.1 भूमिका

न्यूक्लीक अम्ल एक महत्वपूर्ण अणु है जिस पर जीवन निर्भर करता है। जीवन के प्रत्येक रूप अथवा प्रत्येक जीव (जीवाणु और विषाणु भी) में न्यूक्लीक अम्ल होता है जिसके बिना उसमें जनन अथवा संवर्धन नहीं हो सकता है। इस पाठ में आप न्यूक्लीक अम्ल के रासायनिक स्वभाव, उस के विभिन्न घटकों और प्रकारों, न्यूक्लीक अम्ल के अणु की त्रिविम संरचना और उनके महत्वपूर्ण जैव कार्यों के बारे में पढ़ेंगे। अध्ययन के दौरान आपका कुछ तकनीकी शब्दों अथवा अपरिचित रासायनिक नामों से भी परिचय होगा जिनकी व्याख्या पाठ के अंत में पारिभाषिक 'शब्द जिन्हें आपको जानना चाहिए' के अंतर्गत की गई है।

34.2 उद्देश्य

इस पाठ को पढ़ने के बाद आप,

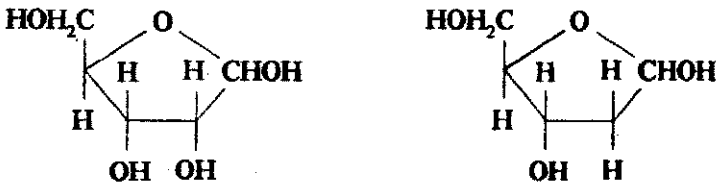
- न्यूक्लीक अम्ल के रासायनिक स्वभाव का उल्लेख कर सकेंगे,
- न्यूक्लीक अम्ल के रासायनिक यौगिकों को बता सकेंगे,
- डी.एन.ए. और आर.एन.ए. की संरचना की व्याख्या कर सकेंगे,
- डी.एन.ए. के कार्यों की सूची बना सकेंगे, और
- आर.एन.ए. के जैव कार्यों को सूचीबद्ध कर सकेंगे।

34.3 न्यूक्लीक अम्ल का स्वभाव

न्यूक्लीक अम्ल को सबसे पहले 1869 में फ्रेडरिक मीशर ने फास्फोरस युक्त अम्लीय पदार्थ के रूप में पीप-कोशिकाओं के केन्द्रकों (न्यूक्लीआई) से पृथक किया था जिस कारण इसका नाम न्यूक्लीक अम्ल रखा गया। अनेक दशकों बाद न्यूक्लीक अम्ल का रासायनिक स्वभाव निश्चित किया गया जिससे ज्ञात हुआ कि यह लंबा सूत्रवत् अणु है जिसके तीन स्पष्ट रासायनिक घटक होते हैं : i) फास्फेट समूह ii) पेन्टोस शर्करा और iii) विषम चक्रीय क्षारक।

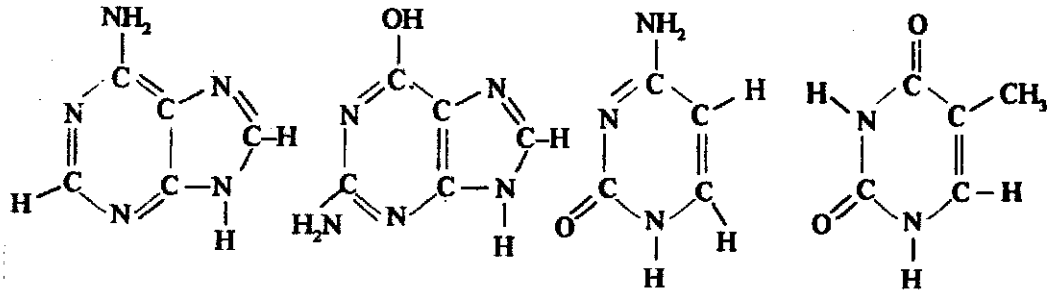
34.4 न्यूक्लीक अम्ल के रासायनिक घटक

न्यूक्लीक अम्लों में दो प्रकार की पेन्टोस शर्कराएं पाई जाती हैं—डिऑक्सीराइबोस और राइबोस। एक प्रकार के न्यूक्लीक अम्ल में केवल डीऑक्सीराईबोस होता है और उसे डिऑक्सीराइबो न्यूक्लीक अम्ल अथवा डी. एन.ए. कहते हैं। दूसरे प्रकार के न्यूक्लीक अम्ल में केवल राइबोस होता है और उसे राइबोन्यूक्लीक अम्ल अथवा आर.एन.ए. कहते हैं। कोशिकाओं में दोनों प्रकार के न्यूक्लीक अम्ल होते हैं। डी.एन.ए. बहुधा केन्द्रक में होता है और आर.एन.ए. केन्द्रक और साइटोप्लाज्म दोनों में होता है। डी.एन.ए. और आर.एन. ए. में मौजूद विषम चक्रीय क्षारकों में भी भिन्नता होती है। डी.एन.ए. में दो प्यूरीन, एडेनीन (A) और ग्वानीन (G), तथा दो पिरिमिडीन, साइटोसीन (C) और थाइमीन (T) होते हैं। आर.एन.ए. में A, G और C होते हैं किन्तु थाइमीन के स्थान पर यूरेसिल होता है। यूरेसिल एक पिरिमिडीन है जो थाइमीन से किंचित भिन्न होता है।



S-राइबोस　　2-डिऑक्सी-S-राइबोस

चित्र 34.1: पेन्टोस शर्कराएं



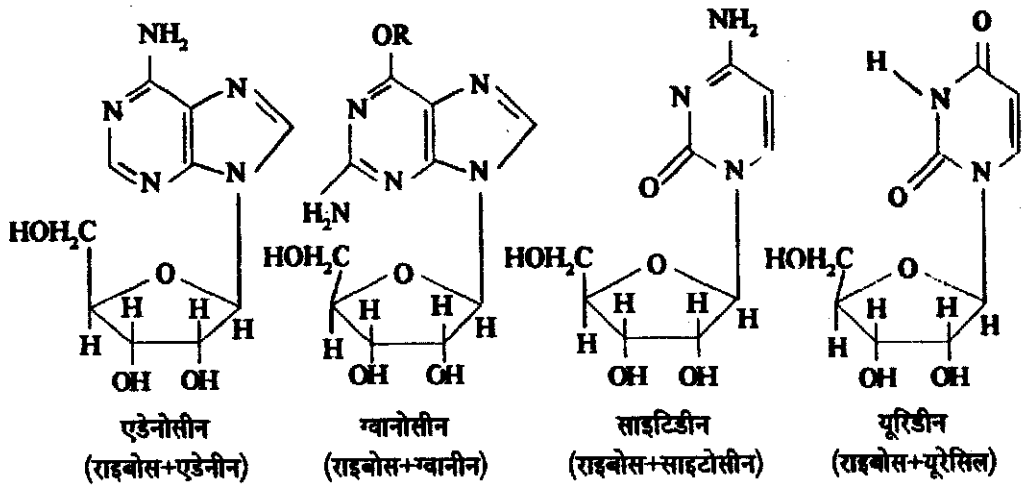
एडेनीन (A)　ग्वानीन (G)　साइटोसीन (C)　थाइमीन (T)

चित्र 34.2: न्यूक्लीक अम्लों में विषमचक्रीय क्षारक

न्यूक्लीओसाइड और न्यूक्लीओटाइड

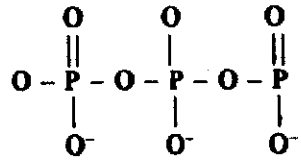
जब कोई प्यूरीन अथवा पिरिमिडीन क्षारक रसायनतः किसी शर्करा अणु के साथ संयुक्त होता है तो प्राप्त यौगिक को न्यूक्लीओसाइड कहते हैं। न्यूक्लीओसाइड का नाम, शर्करा और क्षारक दोनों के नामों को प्रतिबिम्बित करता है। उदाहरण के लिए प्यूरीनों का नामकरण इस प्रकार किया जाता है : एडेनोसीन (एडेनीन + राइबोस), ग्वानोसीन (ग्वानीन + राइबोस), किन्तु पिरिमेडिनों का नामकरण इस प्रकार किया जाता है : साइटिडीन (साइटोसीन + राइबोस), थाइमिडीन (थाइमीन + राइबोस)। यदि शर्करा डिऑक्सी राइबोस हो तो नाम के साथ 'डिऑक्सी' उपसर्ग लगाया जाता है, उदाहरणार्थ, डिऑक्सीएडेनोसीन आदि।

इनमें क्षारक, राइबोस अथवा मोनोसैकेराइड के पहले कार्बन परमाणु (जिसे C_1' कहा जाता है) के साथ ग्लाइकोसाइडी आबंध द्वारा (देखिए कार्बोहाइड्रेट) सहसंयोजकतः आबद्ध रहते हैं।



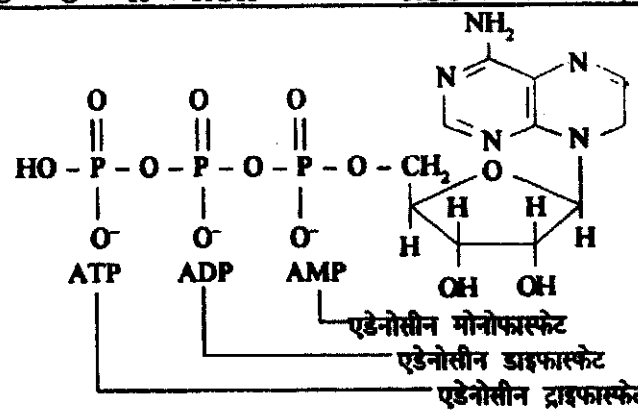
चित्र 34.3: न्यूक्लिओसाइड

जब न्यूक्लिओसाइड के साथ फास्फेट समूह संलग्न रहता है तो प्राप्त यौगिक को न्यूक्लिओटाइड फास्फोरिक अम्ल कहते हैं जो राइबोस के तीसरे कार्बन (C_3') अथवा पांचवें कार्बन (C_5') के मुक्त हाइड्राक्सिल समूह के साथ एस्टर आबंध बनाता है। इस प्रकार न्यूक्लिओटाइड रसायनतः न्यूक्लिओसाइडों के 3' - अथवा 5'- फास्फेट एस्टर होते हैं। एक से अधिक फास्फेट समूह भी संलग्न हो सकते हैं जिससे डाई अथवा ट्राइ फास्फेट प्राप्त होते हैं जो कोशिका में भी पाए जाते हैं। ये अणु, शरीर में विभिन्न अभिक्रियाओं को पूरा करने के लिए ऊर्जा प्रदान करते हैं,



ट्राइफास्फेटों के आबंध को उच्च ऊर्जा आबंध कहते हैं क्योंकि जल-अपघटन पर ये आबंध ऊर्जा की पर्याप्त मात्रा उत्पन्न करते हैं।

जल अपघटन : पानी मिलकार एस्टर अथवा ऐमाइड को विभक्त करना।



चित्र 34.4: न्यूक्लिओटाइड

पाठगत प्रश्न 34.1

1. ग्वानीन और थाइमीन का रासायनिक संरचनाएं लिखिए।

.....

2. न्यूक्लिओसाइड क्या होता है? एडेनोसीन और साइटिडीन की रासायनिक संरचनाएं लिखिए।

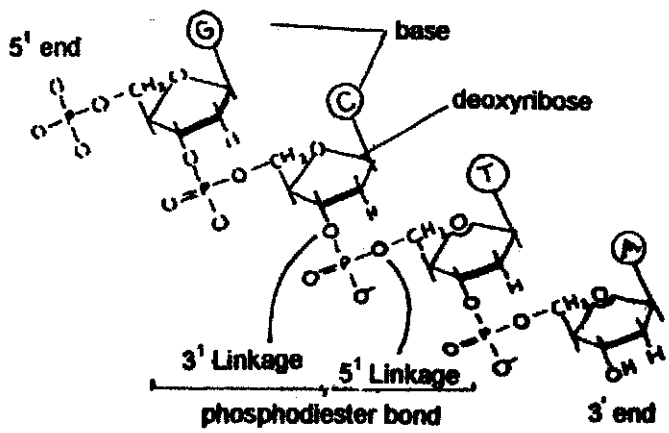
.....

3. न्यूक्लिओटाइड क्या होता है?

.....

34.5 डी.एन.ए. और आर.एन.ए. की रासायनिक संरचना

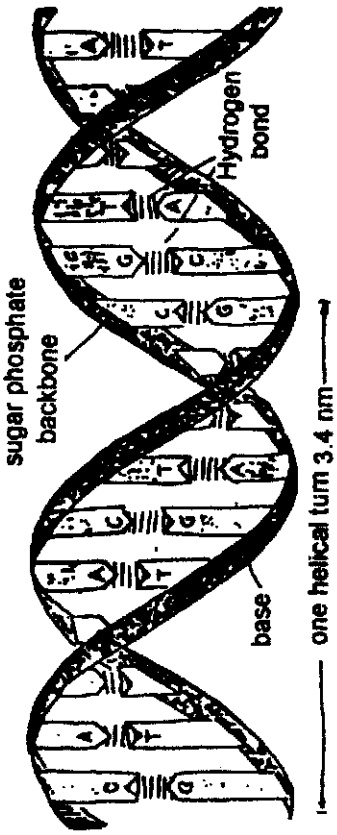
मोनोफास्फेट अथवा न्यूक्लिओटाइड एक-दूसरे के साथ 3'-5' डाइएस्टर आबंधों द्वारा संयुक्त होते हैं जिससे लंबी शृंखला का अणु बनता है। इसमें न्यूक्लिओटाइड को एकलक कहते हैं जो परस्पर संयुक्त होकर बहुलक अणु बनाते हैं। हम पिछले भागों में पढ़ चुके हैं कि मोनोसैकेराइड संयुक्त होकर पॉलिसैकेराइड (बहुलक) बनाते हैं तथा ऐमीनो अम्लों की एकलक इकाइयां संयुक्त होकर पॉलिपेप्टाइड (प्रोटीन) बनाती हैं। इसी प्रकार न्यूक्लीक अम्ल पॉलिन्यूक्लिओटाइड है। ये सभी बहुलक अर्थात् प्रोटीन, न्यूक्लीक अम्ल और पॉलिसैकेराइड जैव तंत्रों में पाए जाते हैं और इन्हें जैव बहुलक कहते हैं। प्राकृतिक डी.एन.ए. अथवा आर. एन.ए. में पॉलिन्यूक्लिओटाइड शृंखला, 3'-5' फॉस्फोडाइएस्टर आबंध द्वारा निर्मित होती है किन्तु क्योंकि राइबोस में 2'-हाइड्रॉक्सिल समूह भी होता है अतः 2'-5' बंधित आर.एन.ए. शृंखला भी बन सकती है।



चित्र 34.5: पॉलिन्यूक्लिओटाइड शृंखला।

34.5.1 डी.एन.ए. की संरचना

डी.एन.ए. की भौतिक संरचना सबसे पहले 1953 में फ्रांसिस क्रिक और जेम्स डी. वाट्सन ने प्रस्तुत की थी जो उस समय ज्ञात रासायनिक और भौतिक प्रमाणों पर आधारित थी। चित्र में दी गई संरचना व्यावर्तित



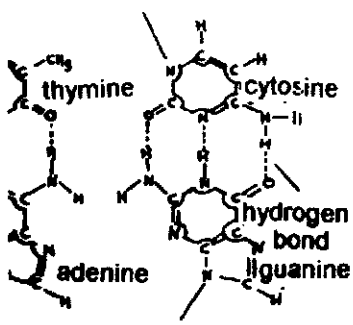
चित्र 34.6. द्विकुंडलिनी का रेखाचित्र।

सीढ़ी के समान दिखाई देती है। दो पॉलिन्यूक्लिओटाइड शृंखलाएं (लड़) एक-दूसरे पर दाईं ओर को लिपटती हैं मानो दो कुंडलिनियां अंतर्ग्रथित हों। इसे दक्षिणावर्ती द्विकुंडलिनी कहते हैं (देखिए चित्र 35.6)। दो शर्करा फास्फेट शृंखलाएं परस्पर हाइड्रोजन आबंधों द्वारा संयुक्त रहती हैं जो एक लड़ पर प्यूरीन और दूसरे लड़ पर पिरिमिडीन के बीच बनते हैं। इन्हें वाट्सन-क्रिक क्षारक युग्म कहते हैं (देखिए चित्र 34.7) और ये व्यावर्तित सीढ़ी के डंडे बनाते हैं। न्यूक्लीक अम्ल-शृंखलाओं में दिशा अथवा ध्रुवणता होती है अर्थात् 3'-5' फॉस्फोडाइएस्टर आबंध इस प्रकार अभिविन्यस्त रहते हैं कि सभी 3' आबंध एक ओर संकेत करते हैं और सभी 5'-आबंध दूसरी ओर संकेत करते हैं। (देखिए चित्र 34.6) जिससे शृंखला में एक 5' सिरा और दूसरा 3' सिरा होता है। परंपरा के अनुसार शृंखला 5'-3' दिशा में लिखी जाती है। द्विकुंडलिनी संरचना में दो शृंखलाएं प्रतिसमांतर होती हैं अर्थात् दो शृंखलाओं की 5'-3' दिशाएं एक-दूसरे के विपरीत होती हैं। एक लड़ पर ग्वानीन (G) सदैव दूसरे लड़ पर साइटोसीन के साथ युग्म बनाता है और एडेनीन (A) सदैव थाइमीन (T) के साथ युग्म बनाता है। इ. चार्गाफ के प्रयोगों के अनुसार इसे आधार युग्मन का पूरक नियम कहते हैं। इ. चार्गाफ ने प्रेक्षण किया कि डी.एन.ए. का स्त्रोत चाहे कोई भी हो प्यूरीनों की कुल मात्रा सदैव पिरिमिडीनों की कुल मात्रा के बराबर होती है अर्थात A+G=C+T. त्रिविम संरचना में डंडे (अर्थात् वाट्सन-क्रिक आधार युग्म) एक-दूसरे के ऊपर चट्टा लगाते हैं और द्विकुंडलिनी का भीतरी क्रोड बनाते हैं तथा संरचना को अतिरिक्त स्थायित्व प्रदान करते हैं। चट्टे का बाहरी भाग, शर्करा फास्फेट आधार द्वारा आच्छादित रहता है जिसके सभी ऋणात्मक फास्फेट आवेश पृष्ठ पर होते हैं। वह विलयन में Na+, Mg++ आदि धन आवेशित आयनों को आकर्षित करता है। ऐसी द्विकुंडलिनी में समांतर स्थित दो खांचे होते हैं जिन्हें दीर्घ और लघु खांचा कहते हैं जिनके द्वारा क्षारक युग्मों में पहुंचा जा सकता है।

डी.एन.ए. की प्रतिकृति : वाट्सन-क्रिक द्विकुंडलिनी न केवल ज्ञात भौतिक और रासायनिक गुणधर्मों के अनुरूप है बल्कि इस चिरकालिक जैव रहस्य की भी व्याख्या करती है कि आनुवंशिक सूचना किस प्रकार जनक से सन्तति को प्राप्त होती है। यदि डी.एन.ए. द्विकुंडलिनी, आनुवंशिक पदार्थ हो और उसमें सभी आनुवंशिक सूचना उपलब्ध हो तो द्विकुंडलिनी की जनक डी.एन.ए. से दो समान दुहिता कुंडलिनियों में यथार्थ प्रतिकृतियां बन जाती हैं जो कोशिका के विभाजित होने पर दो समान दुहिता कोशिकाओं में बंट जाता है। वाट्सन-क्रिक संरचना से इसकी आसानी से व्याख्या की जा सकती है। यदि हाइड्रोजन आबंधों के टूटने से दो लड़ों को पृथक कर दिया जाए तो प्रत्येक लड़ पूरक लड़ों के संश्लेषण के लिए सांचे का काम करता है। इस प्रकार उत्पन्न दो दुहिता द्विकुंडलनियां समान होंगी क्योंकि G का सदैव C के साथ और A का T के साथ युग्मन होता है। इसे डी.एन.ए. का अर्धसंरक्षी प्रतिकृतिकरण कहते हैं।

34.5.2 आर.एन.ए. की संरचना

डी.एन.ए. से भिन्न, आर.एन.ए. एक लड़ वाला अण ... रचना बनाता है। इसमें क्षारक युग्मन ऐसे भाग में होता ... ा है। वलन वाले भाग को पाश कहते हैं जिसमें अनुग्मित ... द्विकुंडलिनी भाग को स्तंभ कहते हैं। किसी आर.एन.ए. अणु में ऐसी अनेक स्तंभ-पाश संरचनाएं बन सकती हैं जिससे उसे एक विशिष्ट आकार प्राप्त होता है (देखिए चित्र 34.8)। किसी कोशिका में पाए जाने वाले आर.एन.ए. के तीन मुख्य प्रकार होते हैं :

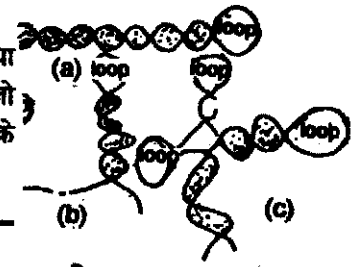


चित्र 34.7. वाट्सन-क्रिक क्षारक युग्म।

क) **राइबोसोमी आर.एन.ए. r-RNA:** कोशिका में कुल आर.एन.ए. का 80% राइबोसोमी आर.एन.ए. होता है और इसका अणुद्रव्यमान लगभग 100×10^4 होता है। उपापचयन की दृष्टि से यह स्थायी होता है और प्रोटीनों के साथ संकुलित होकर राइबोसोम संरचना बनाता है (कोशिका के अंदर एक संरचना जिसमें प्रोटीन अणु का संश्लेषण होता है)।

ख) **स्थानांतरण आर.एन.ए. (t-RNA):** इसे विलेय आर.एन.ए. कहते हैं और इसका अणु द्रव्यमान लगभग $2\text{-}5\times10^4$ होता है। t-RNA साइटोप्लाज्म में पाया जाता है और कोशिका में कुल आर.एन.ए. का लगभग 15% होता है। यह ऐमीनो अम्लों को राइबोसोमों तक ले जाने में सहायक होता है। ये t-RNA की स्तंभ पाश संरचना के समान विशिष्ट आकार होता है जिसे चतुष्पर्णी संरचना कहते हैं।

ग) **दूत आर.एन.ए. (m-RNA):** यह आर.एन.ए. राइबोसोमों, साइटोप्लाज्मों और नाभिक में भी पाया जाता हैं। यह कुल आर.एन.ए. का 5% होता है। इसके अणु द्रव्यमान में भिन्नता पाई जाती है जो 50×10^4 अथवा उससे भी अधिक हो सकता है। इसका अल्प जीवन होता है तथा यह प्रोटीनों के संश्लेषण में सांचे का काम करता है।



चित्र 34.8. RNA अणु जिसमें स्तंभ-पाश शृंखलाएँ दिखाई गई हैं।

पाठगत प्रश्न 34.2

1. वाट्सन-क्रिक क्षारक युग्म क्या होते हैं ?

.....

2. डी.एन.ए. संरचना को "द्वि-कुंडलिनी" क्यों कहते हैं। इस संरचना को किसने प्रस्तुत किया था ?

.....

3. डी.एन.ए. और आर.एन.ए. के संदर्भ में क्षारक पूरकता की व्याख्या कीजिए।

.....

34.6 डी.एन.ए. के कार्य

डी.एन.ए. को जैव तंत्र का "प्रधान अणु" माना जाता है क्योंकि वह जीवित कोशिकाओं में महत्वपूर्ण भूमिका अदा करता है। डी.एन.ए. के प्रमुख कार्य इस प्रकार हैं :

क) इसमें संपूर्ण आनुवंशिक सूचना होती है और इसके अर्ध संरक्षी प्रतिकृतिकरण से यह सुनिश्चित होता है कि यह सूचना एक पीढ़ी से दूसरी पीढ़ी को प्राप्त हो।

ख) कोशिका के लिए आवश्यक विभिन्न प्रोटीनों के संश्लेषण के लिए यह कोशिका को आवश्यक सूचना और अनुदेश देता है। डी.एन.ए. की सूचना का अनुलेखन पहले आर.एन.ए. में होता है जिसका राइबोसोम द्वारा कोशिका में स्थानांतरण हो जाता है। इस आयोजन को जैविकी का "प्रमुख मत" कहते हैं अर्थात् डी.एन.ए. $\rightleftharpoons$ आर.एन.ए. $\rightarrow$ प्रोटीन। जब डी.एन.ए. की डी.एन.ए. में प्रतिलिपि बनाई जाती है तो इस क्रिया को प्रतिकृतिकरण कहते हैं, किन्तु जब डी.एन.ए. की आर.एन.ए. में प्रतिलिपि बनाई जाती है तो इस क्रिया को अनुलेखन कहते हैं। आर.एन.ए. की भी डी.एन.ए. में प्रतिलिपि बनाई जा सकती है। इस क्रिया को उत्क्रम अनुलेखन कहते हैं। प्रतिलिपि बनाने का काम विशिष्ट प्रोटीन अणु द्वारा किया जाता है जो पालिमरेस एन्जाइम होता है।

ग) पराबैंगनी किरण, एक्स किरण अथवा गामा किरण आदि वेधी किरणों द्वारा उद्भासित करने पर अथवा कुछ विशेष रसायनों के प्रभाव में रखने पर डी.एन.ए. नष्ट हो जाता है अथवा रूपांतरित हो

जाता है। यदि कोशिका उसमें संशोधन न करे तो इन परिवर्तनों के फलस्वरूप नवनिर्मित डी.एन.ए. में प्रतिकृतिकरण के समय वैकल्पिक अनुक्रम बन जाता है, इसे उत्परिवर्तन कहते हैं। ऐसे उत्परिवर्तनों के फलस्वरूप जन्तु और उसकी सन्तति के शरीर वृत्ति और लक्षणों में परिवर्तन हो जाता है क्योंकि डी.एन.ए. सूचना में परिवर्तन हो जाता है।

34.7 आर.एन.ए. के जैव कार्य

आर.एन.ए. अणु अत्यंत उपयोगी होते हैं और अनेक प्रकार के जैव कार्य करते हैं। तीन प्रमुख प्रकारों के अतिरिक्त छोटे केन्द्रकीय अथवा साइटोप्लाज्मी आर.एन.ए. भी होते हैं जो कोशिका में महत्वपूर्ण कार्य करते हैं। ये कार्य नीचे दिए गये हैं।

i) सभी तीन प्रकार के आर.एन.ए. का मुख्य कार्य प्रोटीनों के जैव संश्लेषण में भाग लेना है।

ii) उच्च कोटि के जीवों, जैसे स्तनधारियों, की कोशिकाओं में लघु केन्द्रकीय आर.एन.ए. (SnRNA), m-आर.एन.ए. में परिवर्तन कर देता है।

iii) साइटोप्लाज्मी लघु आर.एन.ए., प्रोटीनों के साथ संयुक्त होकर राइबोन्यूक्लिओ प्रोटीन संकुल बनाते हैं जिन्हें आर.एन.पी. कण कहते हैं। ये कण लिपिड झिल्ली में से प्रोटीनों का वहन करते हैं।

iv) कुछ आर.एन.ए. अणु कुछ एन्जाइमों के घटक होते हैं अथवा स्वयं एन्जाइमों की भाँति काम करते हैं और उन्हें राइबोजाइम कहते हैं। राइबोजाइम फास्फोडाइएस्टर आबंधों के जल-अपघटन द्वारा दूसरे आर.एन.ए. का कर्तन अथवा विदलन करता है। राइबोजाइम, आर.एन.ए. विषाणुओं को निष्क्रिय करने के लिए बनाए जाते हैं जो पादपों को प्रभावित करते हैं।

पाठगत प्रश्न 34.3

1. डी.एन.ए. के कार्य बताइए।

.....

2. आर.एन.ए. के चार जैव कार्य लिखिए।

.....

34.8 आपने पढ़ा कि

- न्यूक्लीक अम्ल, पीप कोशिकाओं के केन्द्रकों से प्राप्त फास्फोरस युक्त अम्लीय पदार्थ होता है। वह लंबा सूत्रवत् अणु होता है जिसके तीन पृथक् रासायनिक घटक होते हैं—फास्फेट समूह, पेन्टोस शर्करा और विषमचक्रीय क्षारक।
- न्यूक्लीक अम्लों में दो प्रकार की पेन्टोस शर्कराएं होती हैं—डिऑक्सीराइबोस और राइबोस।
- डी.एन.ए. की संरचना व्यावर्तित सीढ़ी के समान दिखाई देती है। दो पॉलिन्यूक्लिओटाइड शृंखलाएं दक्षिणावर्ती फेरों में एक-दूसरे के चारों ओर लिपटी रहती हैं मानों दो कुंडलिनियां अंतर्ग्रथित हों।

- आर.एन.ए. एक लड़ वाला अणु है जो स्वयं वलित होकर आधार युग्मन द्वारा द्वि-कुंडलिनी संरचना बनाता है। यह आधार युग्मन ऐसे क्षेत्र में होता है जहां आधार अनुक्रमों के पूरक अनुक्रम होते हैं।
- डी.एन.ए. से संपूर्ण आनुवंशिक सूचना प्राप्त होती है।
- आर.एन.ए. का मुख्य कार्य प्रोटीनों के जैवसंश्लेषण में भाग लेना है।

34.9 पाठान्त प्रश्न

1. जैविकी में "प्रमुख मत" से आप क्या समझते हैं?

.....

2. न्यूक्लिओसाइड और न्यूक्लिओटाइड में क्या अंतर है? न्यूक्लीक अम्ल को पॉलिन्यूक्लिओटाइड क्यों कहते हैं?

.....

3. न्यूक्लीक अम्ल अणु तीन पृथक् रासायनिक घटकों का बना होता है, उनके नाम बताइए।

.....

4. जीवित तंत्रों में पाए जाने वाले आर.एन.ए. के विभिन्न प्रकार कौन-कौन-से हैं?

.....

अपने उत्तरों की जांच कीजिए

पाठगत प्रश्न 34.1

1. देखिए भाग 34.4
2. देखिए भाग 34.4
3. देखिए भाग 34.4

पाठगत प्रश्न 34.2

1. वाट्सन-क्रिक द्वि-कुंडलिनी संरचना में G सदैव तीन हाइड्रोजन आबंधों द्वारा C के साथ युग्मित रहता है और A सदैव हाइड्रोजन आबंधों द्वारा T के साथ युग्मित रहता है। इन विशिष्ट हाइड्रोजन आबंधित संरचनाओं को वाट्सन क्रिक क्षारक युग्मन कहते हैं।
2. सामान्य डी.एन.ए. संरचना कुंडलिनी के आकार की होती है किन्तु कुंडलिनी में दो लड़ होती है। इसीलिए उसे "द्वि-कुंडलिनी" कहते हैं क्योंकि दो कुंडलिनी-आकार के लड़ें अंतर्ग्रथित होकर संरचना बनाते हैं। इस संरचना को 1953 में जे.डी. वाट्सन और फ्रांसिस क्रिक ने प्रस्तुत किया था।
3. देखिए भाग 34.5.1 और 34.5.2

पाठगत प्रश्न 34.3

1. देखिए भाग 34.6
2. देखिए भाग 34.7

पाठान्त प्रश्न

1. जैविकी का "प्रमुख मत" यह है कि आनुवंशिक सूचना डी.एन.ए.—आर.एन.ए.—प्रोटीन दिशा में प्रवाहित होती है अर्थात् पहले डी.एन.ए. का आर.एन.ए. में अनुलेखन (प्रतिलिपिकरण) होता है जो बाद में कार्यात्मक प्रोटीन में परिवर्तित हो जाता है, कुछ विषाणुओं का संजीन, डी.एन.ए. के स्थान पर आर.एन.ए. होता है जो पहले कोशिका में, डी.एन.ए. में परिवर्तित हो जाता है। इसलिए आजकल "प्रमुख मत" को इस प्रकार लिखा जाता है;

   डी.एन.ए. $\rightleftharpoons$ आर.एन.ए. $\rightarrow$ प्रोटीन

2. न्यूक्लिओसाइड विषमचक्रीय क्षारक और पेन्टोस शर्करा का बना होता है। इसमें शर्करा का पहला कार्बन परमाणु, क्षारक के N-परमाणु के साथ संयुक्त रहता है। यदि कोई फास्फेट समूह न्यूक्लिओसाइड के साथ शर्करा यूनिट के पांचवें अथवा तीसरे C-परमाणु के साथ संयुक्त हो तो उसे न्यूक्लिओटाइड कहते हैं। न्यूक्लीक अम्ल को पॉलिन्यूक्लिओटाइड कहते हैं क्योंकि मूलतः वह न्यूक्लिओटाइडों के संयोग से बना बहुलक है।
3. न्यूक्लीक अम्ल अणु को बनाने वाले तीन पृथक् रासायनिक घटक हैं—पेन्टोस शर्करा, फास्फेट समूह और चार विषमचक्रीय क्षारक, दो प्यूरीन एडेनीन और ग्वानीन तथा साइटोसीन, थाइमीन और यूरेसिल में दो पिरिमिडीन।
4. देखिए भाग 34.5.2

35

एन्ज़ाइम (किण्वक)

35.1 भूमिका

हमारे शरीर को कार्य करने के लिए कई यौगिकों की आवश्यकता होती है। ये यौगिक मुख्यतया आहार द्वारा कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन, विटामिन और वसा के रूप में प्राप्त किये जाते हैं। शरीर की कोशिकाओं के कार्य संचालन के लिए इन यौगिकों को अनेक आवश्यक यौगिकों में परिवर्तित किया जाता है। कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन और वसा के बहुत विशाल होने के कारण कोशिका उन्हें उसी रूप में ग्रहण नहीं कर सकती। अतः पहले इन्हें छोटे सरल अणुओं में तोड़ा जाता है, जिनका उपयोग अन्य महत्वपूर्ण यौगिकों के संश्लेषण में किया जाता है। इन बृहत अणुओं को कैसे तोड़ा और अन्य यौगिकों में परिवर्तित किया जाता है? ये सभी अभिक्रियायें कोशिका के बहुत महत्वपूर्ण अणुओं द्वारा होती हैं जिन्हें एन्जाइम (किण्वक) कहते हैं। एन्ज़ाइमों की अनुपस्थिति में शरीर की क्रियायें बहुत धीमी होंगी। उदाहरण के लिए हमारी आहार नाल में एन्जाइमों की अनुपस्थिति से एक समय के भोजन को पचने में 50 वर्ष लगेंगे। शरीर की मांग की पूर्ति के लिए एन्जाइम अभिक्रियाओं की गति को बहुत तेज करती हैं। अतः एन्जाइम जैविक उत्प्रेरक हैं जो उपापचयज अभिक्रियाओं की गति को बहुत तेज़ करती हैं। प्रत्येक विशिष्ट अभिक्रिया के लिए विशिष्ट एन्जाइम की आवश्यकता होती है। प्रत्येक एन्जाइम की सक्रियता नियंत्रित होती है। यदि इन एन्जाइमों में से कोई अनुपस्थित है अथवा दोषपूर्ण हो जाती है तो कोशिका का जीवित रहना बहुत कठिन हो जाता है। अतः कई रोग दोषपूर्ण एन्ज़ाइमों के कारण होते हैं। इस पाठ में हम एन्ज़ाइमों के संबंध में और विस्तार से पढ़ेंगे।

35.2 उद्देश्य

इस पाठ को पढ़ने के बाद आप :

- एन्ज़ाइमों की परिभाषा दे सकेंगे,
- एन्ज़ाइमों का नाम बता सकेंगे,
- एन्ज़ाइमों की क्रिया को स्पष्ट कर पाएंगे,

- एन्जाइमों का वर्गीकरण कर सकेंगे,
- एन्जाइमों के लक्षणिक गुणों को लिख पाएंगे और
- जीवन के विभिन्न पहलुओं और उद्योग में एन्जाइमों के उपयोग को सूचीबद्ध कर पाएंगे।

35.3 एन्ज़ाइम (किण्वक) क्या हैं ?

आप एक क्रियाकलाप द्वारा एन्जाइम की क्रिया समझ सकते हैं।

> **क्रियाकलाप :** आप लार में उपस्थित एन्जाइम जिसे एमाइलेज कहते हैं के द्वारा मांड (रोटी जो आप खाते हैं उसमें उपस्थिति होता है) का ग्लूकोस में टूटना अनुभव कर सकते हैं। आप रोटी के टुकड़े को 40 बार चबायें और जो मीठ स्वाद आप अनुभव करते हैं वह ग्लूकोस के कारण होता है जो मांड़ के टूटने से प्राप्त होता है।

आप अपने शरीर में कार्यरत एन्ज़ाइम को अनुभव कर चुके हैं, अब इसकी परिभाषा देंगे :

> **सभी जीवित कोशिकाओं में जैवरासायनिक अभिक्रियाओं के प्रोटीन उत्प्रेरक को एन्जाइम कहते हैं।**

एन्जाइम शब्द की उत्पत्ति ग्रीक एन=इन, जाइम=लीवेन अथवा किण्वक से हुई है। जीवित जीवों में सर्वप्रथम यीस्ट कोशिकाओं ने एन्जाइम क्रिया दिखायी।

35.4 नामपद्धति

अब हम विभिन्न अभिक्रियाओं को करने वाली विभिन्न एन्जाइमों को पहचानना अथवा एन्जाइमों का नाम कैसे रखा जाता है सीखेंगे :

> **एन्जाइम प्रायः उन सामान्य नामों से जानी जाती हैं जो कि अवस्तर (क्रियाधार) अथवा अभिक्रिया जिसे वे उत्प्रेरित करती हैं के नाम के आगे एज लगाने से बनते हैं।**

उदाहरण के लिए, ग्लूकोज ऑक्सीडेज एक एन्जाइम है जो ग्लूकोस का ऑक्सीकरण करती है। ग्लूकोस–6–फॉस्फेटेज, ग्लूकोस–6–फॉस्फेट से फास्फेट का जलअपघटन करती है। प्रोटीनेज, डीऑक्सीगइबोन्यूक्लिएज और राइबोन्यूक्लिएज क्रमशः प्रोटीनों, डीऑक्सीराइबोन्यूक्लिक अम्ल और राइबोन्यूक्लिक अम्ल का जलअपघटन करते हैं।

एन्जाइमों को उनकी क्रिया के आधार पर छः प्रमुख वर्गों में बांटा गया है :

(क) **ऑक्सीडोरिडक्टेज :** ऑक्सीकरण और अपचयन में सम्मलित रहते हैं।

(ख) **ट्रान्सफरेज :** प्रकार्यात्मक समूह का स्थानांतरण (उदाहरण के लिए दाता और ग्राही के बीच अमीनो और फास्फेट-समूह)।

(ग) **हाइड्रोलेज** : जल का स्थानांतरण यानि कि वे अवस्तर जलअपघटन को उत्प्रेरित करते हैं।

(घ) **लाइऐज** : जल, अमोनिया अथवा कार्बनडाइऑक्साइड के तत्वों को जोड़ते अथवा हटाते हैं।

(ङ) **आइसोमेरेज** : एक अणु के भीतरी संरचनात्मक परिवर्तन को उत्प्रेरित करते हैं।

(त) **लाइगेज** : एडीनोसिन ट्राइफास्फेट (ए.टी.पी.) के उर्च्च ऊर्जा वाले फास्फेट बॉंड की कीमत पर दो अणुओं को आपस में जोड़ते हैं।

पाठगत प्रश्न 35.1

1. एन्जाइम क्या हैं?

.....

2. एन्जाइमों का नाम कैसे रखा जाता है?

.....

3. एन्जाइमों को क्रिया के आधार पर वर्गीकृत करो।

.....

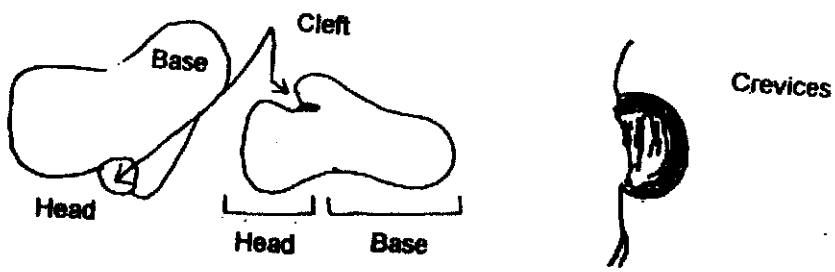
35.5 एन्जाइम अपनी क्रिया में विशिष्ट होते हैं

एन्जाइम अपनी विशिष्टता अथवा क्रिया केवल एक विशेष यौगिक के प्रति ही प्रदर्शित करते हैं, जो कि एन्जाइम की विशेष आकृति, अमीनो अम्ल का सक्रिय स्थल पर विशिष्ट क्रम और अवस्तर की संरचना के कारण होता है। सक्रिय स्थल के दो भाग होते हैं :

(i) **बंधन स्थल** : इसके अन्तर्गत सक्रिय स्थल का वह भाग आता है जो अवस्तर के संपर्क में होता है अथवा जहां अवस्तर एन्जाइम से बंधा होता है।

(ii) **उत्प्रेरकी स्थल** : यह सक्रिय स्थल के अन्दर का भाग है जो उत्प्रेरण के लिए उत्तरदायी होता है।

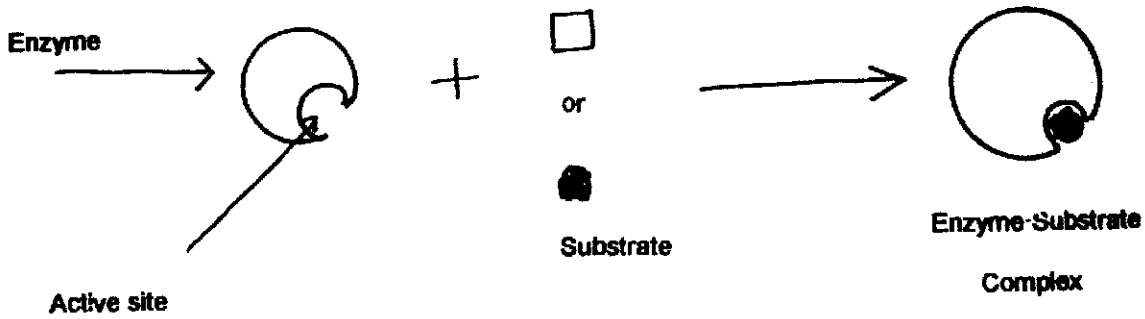
एन्जाइम का सक्रिय स्थल दरार अथवा दरारदार त्रि-आयामी अस्तित्व हो सकता है। अवस्तर अपेक्षाकृत कमजोर बलों द्वारा एन्ज़ाइम के बंधन स्थल से बंधे होते हैं।



चित्र 35.1: एन्ज़ाइम की त्रि-आयामी संरचना के मॉडल में दरार और दरारदार आकृतियों का चित्र द्वारा प्रदर्शन।

एन्ज़ाइम की क्रिया की विशिष्टता समझाने के लिए दो सिद्धान्तों का प्रतिपादन किया गया है :

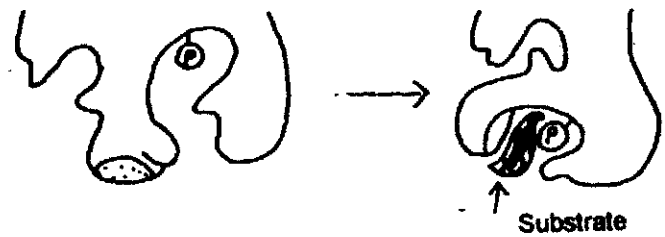
क) लॉक और की (ताला और कुंजी) सिद्धान्त : एमिल फिशर ने 1890 में एन्ज़ाइमों की महान विशिष्टता को समझाने के लिए एक मॉडल प्रस्तावित किया। उसने अवस्तर और एन्ज़ाइम के बीच परस्पर क्रिया को लॉक और की (ताला कुंजी) का संदर्भ देकर समझाया। इस संकल्पना के अनुसार एन्ज़ाइम का उत्प्रेरक स्थल ध्वयं आकृति में अवस्तर का पूरक होता है। इसका अर्थ है कि ये एक-दूसरे के साथ चित्रानुसार लगे होते हैं। यदि अवस्तर सक्रिय केन्द्र की भांति होता है तो एन्ज़ाइमी क्रिया संभव होती है जैसे कि कुंजी ताले में लगती है। यदि अवस्तर ('कुंजी') कुछ परिवर्तित हो जाती है तो यह सक्रिय केन्द्र (ताले) में फिट नहीं बैठती और अभिक्रिया नहीं होती है।



चित्र 35.2: एन्ज़ाइम अवस्तर परस्पर क्रिया के ताला और कुंजी सिद्धान्त का प्रदर्शन।

चित्र 35.2 में देखो कि केवल वही अवस्तर जो एन्ज़ाइम के सक्रिय स्थल से आबद्ध होकर फिट रहता है अभिक्रिया को होने देता है। ध्यान करो कि वह अवस्तर जो सक्रिय स्थल का पूरक रूप नहीं रखता उस पर क्रिया नहीं होती।

ख) प्रेरित-फिट सिद्धान्त : इस सिद्धान्त को डी.ई. कोशलेण्ड ने प्रतिपादित किया था। इस सिद्धान्त के अनुसार अवस्तर से आबद्ध होने के बाद एन्ज़ाइम की आकृति में परिवर्तन होता है एन्ज़ाइम की अन्तिमक आकृति और अवस्तर की आकृति केवल संम्पूरक है यानि कि वे आबद्ध होने के बाद ही एक-दूसरे से फिट होते हैं जैसा कि चित्र 35.3 में दिखाया गया है।



चित्र 35.3: प्रोटीन की संरचना में हुए समनुरूपण परिवर्तन द्वारा प्रेरित फिट का प्रदर्शन।

एक बार जब अवस्तर एन्ज़ाइम से अभिक्रियाशील होता है तो यह तुरन्त उत्पाद में परिवर्तित नहीं होता है और उसे मोचित नहीं करता है। यह अभिक्रिया कई चरणों वाला प्रक्रम है जिसे निम्न प्रकार से लिख सकते हैं :

$$E + S \rightleftharpoons ES \rightleftharpoons EP \longrightarrow E + P$$

यहाँ E एन्ज़ाइम है, S अवस्तर है और P उत्पाद है। उदाहरण :

$$\text{ग्लूकोस} + ATP \xrightarrow[\text{हेक्सोकाइनेज}]{} \text{ग्लूकोस–6–फास्फेट} + ADP$$

इस अभिक्रिया में ग्लूकोस अवस्तर (S) और ग्लूकोस-6-फोस्फेट अन्तिम उत्पाद (P) है। हेक्सोकाइनेज एन्जाइम (E) है जो ग्लूकोस के फॉस्फोरसीकरण का उत्प्रेरण करती है।

पाठगत प्रश्न 35.2

1. एन्जाइम के सक्रिय स्थल में कितने भाग होते हैं ? नाम बताओ ?

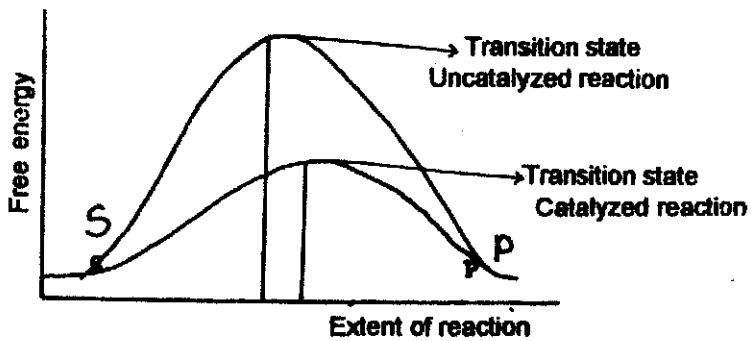
.....

2. एन्जाइम क्रिया की विशिष्टता को समझाने के लिए प्रतिपादित दो सिद्धान्त कौन-कौन से हैं ?

.....

35.6 एन्जाइम क्रिया की ऊर्जागतिकी

किसी भी अभिक्रिया को प्रारम्भ होने के लिए अभिक्रिया में शामिल दो अथवा अधिक यौगिकों का संपर्क में आना अथवा टकराना आवश्यक है। अभिक्रिया के प्रत्येक प्रत्याशी में ऊर्जा की कुछ मात्रा होती है जिसकी आवश्यकता अभिकारकों को उत्पाद बनने से रोकने वाले अवरोध पर विजय पाने के लिए होती है। अब हम पहाड़ी पर ऊपर जाने और पहाड़ी की दूसरी ओर जाने का उदाहरण लें। हम जैसे-जैसे चढ़ते हैं हमें निश्चित मात्रा में ऊर्जा की आवश्यकता होती है जिससे कि अवरोध पार कर पहाड़ी के शिखर पर पहुँचे जहाँ से दूसरी ओर नीचे जाना सरल होगा। एन्जाइम इसी भाँति कार्य करते हैं। अवस्तर पर प्रोटोन को माध्यमिक स्थिति (इस अवस्था पर तंत्र की ऊर्जा अधिकतम होती है), जैसे कि पहाड़ी का शिखर, तक पहुँचने के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है जिसे **सक्रियण ऊर्जा** कहते हैं और तंत्र **परिवर्तन अवस्था** में कहलाता है। अब एन्जाइम अभिक्रिया को तीव्र करने में कैसे सहायता करती है? ये सक्रियण ऊर्जा को कम कर देती है जिससे कि अवस्तर शीघ्रता से उत्पाद अवस्था में चला जाता है (अब पहाड़ी का शिखर कम प्रपाती और छोटा रह जाता है जिससे कि हम पहाड़ी की दूसरी ओर शीघ्रता से पहुँच सकते हैं)। सक्रियण ऊर्जा अभिक्रिया के तेज अथवा धीमा होने का निर्धारण करती है। सक्रियण ऊर्जा जितनी अधिक होगी उतनी ही धीमी अभिक्रिया होगी।



चित्र 35.4: रासायनिक अभिक्रिया के सक्रियण की मुक्त ऊर्जा का चित्र द्वारा प्रदर्शन।

चित्र 35.4 में देखें कि परिवर्तन अवस्था तक पहुँचने के लिए उत्प्रेरी अभिक्रिया में ऊर्जा की आवश्यकता उत्प्रेरी अभिक्रिया की अपेक्षा बहुत कम होती है। इस निचले प्रक्रम में S अवस्तर और P उत्पाद हैं।

35.7 एन्ज़ाइमों के लक्षण

एन्ज़ाइम कुछ गुणों में रासायनिक उत्प्रेरकों की भाँति होते हैं लेकिन वे उनसे अनेक प्रकारों में भिन्न होते हैं;

35.7.1 रासायनिक उत्प्रेरकों और एन्ज़ाइमों के समान गुण

(क) रासायनिक उत्प्रेरकों की भाँति ही एन्ज़ाइम अभिक्रिया की अवधि में न तो इस्तेमाल होकर समाप्त होता और न ही उत्पन्न होते हैं।

(ख) वे अभिक्रिया शुरू नहीं करते बल्कि अभिक्रिया की गति बढ़ा देते हैं जो कि अन्यथा बहुत धीमी गति से चलेगी।

(ग) एन्ज़ाइम प्रतिवर्ती अभिक्रिया के संतुलन को प्रभावित नहीं करती बल्कि आगे तथा पीछे की दोनों ही अभिक्रियाओं को कुछ हद तक तेज कर देते हैं।

(घ) एन्ज़ाइम केवल ऊर्जिकीय अभिक्रिया को ही उत्प्रेरित करते हैं।

35.7.2 एन्ज़ाइम और रासायनिक उत्प्रेरकों में भिन्नताएँ

(क) एन्ज़ाइम उच्च विशिष्टता का प्रदर्शन करते हैं जिससे कि वे उपापचयज प्रक्रमों को सुनिश्चित मार्गों द्वारा पूरा कर सकें। एन्ज़ाइम की अवस्तर विशिष्टता का अर्थ है कि वे एक प्रकार के ही अवस्तर का उपयोग करते हैं। समूह विशिष्टता इंगित करती है कि अवस्तर पर एक रासायनिक समूह की उपस्थिति एन्ज़ाइम की क्रिया के लिए आवश्यक है। रासायनिक उत्प्रेरक दूसरी ओर अधिक सामान्य होते हैं और अनेक समान अवस्तर अणुओं पर क्रिया कर सकते हैं।

(ख) एन्ज़ाइम अभिक्रियाओं को मंद दशाओं जैसे कि सामान्य दाब, निम्न तापमान और लगभग उदासीन पी.एच. के अंतर्गत उत्प्रेरित करते हैं। एन्ज़ाइमों की प्रोटीनी प्रकृति (कुछ राइबोन्यूक्लिक अम्लों को छोड़कर जो कुछ अभिक्रियाओं को उत्प्रेरित करने के लिए ज्ञात हैं) होने के कारण वे तापमान विभिन्नता और पी.एच. में परिवर्तन के ग्रहणशील होते हैं। रासायनिक उत्प्रेरण प्रायः उच्च तापमान और दाब पर होता है।

(ग) एन्ज़ाइम की क्रियायें नियंत्रित होती हैं। इसका अर्थ है कि एक एन्ज़ाइम की क्रिया कोशिका की आवश्यकता और अनेक पर्यावरणीय कारकों के अनुसार परिवर्तित होती है।

(घ) एन्ज़ाइमी अभिक्रिया की दर एन्ज़ाइम की मात्रा की अनुपाती होती है।

35.8 एन्ज़ाइमों का प्रयोग

आप विभिन्न प्रकार के एन्ज़ाइमों के संबंध में पढ़ चुके हैं। विभिन्न प्रकार के कार्यों में लगे एन्ज़ाइमों का कृषि और उद्योग के अनेक क्षेत्रों में उपयोग किया जा रहा है। विभिन्न एन्ज़ाइमों के कुछ प्रयोग निम्नलिखित हैं :

1. मोल्ड फफूंदी के निष्कर्षों से प्राप्त एमाइलेज उत्पादों को मांड़ (स्टार्च) के जल अपघटन के लिए व्यापक रूप से उपयोग में लाया जा रहा हैं। इनका उपयोग उच्च गुण वाली डबलरोटी को पकाने और बीयर बनाने के लिए अल्कोहॉलीय संरूपण प्रारम्भ के लिए किया जा रहा है।

2. पादप कोशिका आवरण का जल अपघटन करने वाली एन्जाइम पेक्टीनेज को फल रस, प्राकृतिक सुगंध तेल और कागज उद्योग में उपयोग किया जा रहा है।

3. प्रोटीनेजों को चमड़ा उद्योग में चर्म शोधन (टेनिंग) और वेटिंग प्रक्रमों के लिए उपयोग किया जा रहा है। लाइपेजों का उपयोग डिटर्जेन्ट उद्योग में होता है।

4. एन्जाइम ग्लूकोस ऑक्सीडेज का उपयोग डिब्बा बन्द उत्पादों और बोतल बन्द मृदु पेयों से ऑक्सीजन दूर करने के लिए किया जाता है जिससे कि वे खराब न हों।

5. प्रोटीनलयी एन्जाइमों को कपड़ों से प्रोटीन के धब्बे दूर करने के लिए प्रयोग किया जाता है।

6. जीवाण्वीय एन्जाइमों को पेट्रोलियम उत्पादों से फार्म के पशुओं को खिलाने के लिए और कृत्रिम प्रोटीन का उत्पादन करने में प्रयोग करते हैं।

7. पाचन में आने वाली कठिनाई के लिए अथवा डाइसपेप्सिया रोग में लोग पाचक एन्जाइमों (पेप्सिन और ट्रिप्सिन) का उपयोग करते हैं।

8. प्रोटीनलयी एन्जाइमों (ट्रिप्सिन और ऊतकों काइमोट्रिप्सिन) को शल्यचिकित्सा में घावों और ऊतकों को साफ करने के लिए प्रयोग किया जाता है। स्ट्रेप्टोकाइनेज और यूरोकाइनेज को रुधिर के थक्कों को कम करने में और थ्रोम्बोसिस के रोगियों पर प्रयोग किया जाता है।

9. जैविक मूल की दवाओं और हार्मोनी उत्पादों की प्रौद्योगिकीय संश्लेषण में इम्मोविलाइज्ड एन्जाइमों का उपयोग करते हैं।

पाठगत प्रश्न 35.3

1. एन्जाइम अभिक्रिया की दर को कैसे तीव्र करते हैं ?

   .....

2. रासायनिक अभिक्रिया की परिवर्तन अवस्था क्या है ?

   .....

3. एक अणु से दूसरे में प्रकार्यात्मक समूह स्थानान्तरण को किस समूह का एन्जाइम उत्प्रेरित करता है ?

   .....

4. रासायनिक उत्प्रेरक और एन्ज़ाइम में दो भेदों को सूचीबद्ध करो।

   .....

5. शल्य चिकित्सा में घावों और ऊतकों को साफ करने के लिए कौन-से एन्ज़ाइमों का उपयोग करते हैं ?

.....

6. वेकिंग उद्योग में प्रयोग होने वाला और मोल्ड कवक से प्राप्त एन्ज़ाइम कौन-सा है ?

.....

35.10 आपने क्या सीखा

- एन्ज़ाइम जैविक उत्प्रेरक है।
- एन्ज़ाइम हमारे शरीर में होने वाली अभिक्रियाओं को तेज करते हैं।
- एन्ज़ाइम का नाम उस अवस्तर पर रखते हैं जिस पर वे क्रिया करते हैं अथवा अभिक्रिया जिसको वे उत्प्रेरित करते हैं।
- एन्ज़ाइम केवल विशिष्ट अभिक्रिया को उत्प्रेरित करते हैं और विशिष्ट अवस्तर पर कार्य करते हैं।
- एन्ज़ाइम अभिक्रिया की विशिष्ट अवस्तर की संरचना और स्वयं एन्जाइम पर आधारित होती है।
- एन्ज़ाइम सक्रियण ऊर्जा का ह्रास करके अभिक्रिया को तेज कर देते हैं।
- एन्ज़ाइमों का वर्गीकरण उस अभिक्रिया के आधार पर करते हैं जिन्हें वे उत्प्रेरित करते हैं।
- एन्ज़ाइमों कुछ गुणों में रासायनिक उत्प्रेरकों के समान होते हैं लेकिन अन्य में वे कई तरह से भिन्न होते हैं।
- एन्ज़ाइमों का उपयोग हमारे कई लाभदायक उद्योगों में किया जाता है।

35.11 पाठान्त प्रश्न

1. ताला और कुंजी सिद्धान्त क्या है ?

.....

2. समूह 'अ' के अन्जाइम वर्गों को समूह 'ब' की अभिक्रियाओं से जिन्हें वे उत्प्रेरित करते सुमेलित करो

अ	ब
i) ट्रान्सफरेज	(क) ऑक्सीकरण-अपचयन अभिक्रिया
ii) हाइड्रोलेज	(ख) द्वि आबंध बनाना या हटाना
iii) लाइजेज	(ग) जल को जोड़कर आबंधों को तोड़ना
iv) आइसोमरेज	(घ) प्रकार्यात्मक समूह का स्थानांतरण
v) ऑक्सीडोरिडक्टेज	(ङ) यौगिक का रूप परिवर्तन

3. एन्ज़ाइमों के पांच प्रयोगों की सूची दो।

.....

अपने उत्तरों की जांच कीजिए

पाठगत प्रश्न 35.1

1. एन्ज़ाइम सभी जीवित कोशिकाओं में होने वाली जैव रासायनिक अभिक्रियाओं के प्रोटीनी उत्प्रेरक है (खण्ड 35.3)।
2. एन्जाइमों का नाम उस अवस्तर के आगे ऐज लगा कर रखा गया है जिस पर वे क्रिया करती हैं अथवा अभिक्रिया जिसे वे उत्प्रेरित करती हैं (खण्ड 35.4)।
3. एन्जाइमों को उनकी क्रिया के अनुसार 6 समूहों में बांटा गया है जो कि हैं : ऑक्सीडोरिडक्टेज, ट्रांसफरेज, हाइड्रोलेज, लाइजेज, आइसोमरेज और लाइगेज (खण्ड 35.4)।

पाठगत प्रश्न 35.2

1. सक्रिय स्थल के दो भाग—बंधन स्थल और उत्प्रेरक स्थल होते हैं (खण्ड 35.5)।
2. एन्ज़ाइम की विशिष्टताओं को समझाने के लिए प्रतिपादित किए गए दो सिद्धान्त हैं : (i) ताला और चाबी सिद्धान्त और (ii) प्रेरित फिट सिद्धान्त (खण्ड 35.5)।

पाठगत प्रश्न 35.3

1. एन्ज़ाइम, अभिक्रिया की दर को मुक्त सक्रियण ऊर्जा को घटा कर बढ़ा देता है (देखे खण्ड 35.6 और चित्र 35.4)।
2. किसी अभिक्रिया की परिवर्तन अवस्था वह होती है जब अवस्तर पर प्रोटोन माध्यमिक स्थिति पर पहुँचता है यानि कि अभिक्रिया की ऊर्जा अधिकतम होती है (देखे खण्ड 35.7)।
3. ट्रान्सफरेज प्रकार्यात्मक समूह के एक अणु से दूसरे पर स्थानान्तरण को उत्प्रेरित करती है (देखे खण्ड 35.7)।
4. देखें खण्ड 35.8 ।
5. प्रोटियोलाइटिक एन्जाइम ट्रिप्सिन और काइमोट्रिप्सिन।

पाठान्त प्रश्न

1. देखें खण्ड 33.5 और चित्र 33.2.
2. अ ब
   i) (घ)
   ii) (ग)
   iii) (ख)
   iv) (ङ)
   v) (क)

   देखें खण्ड 33.5