# अध्याय -9
# एन्जाइम
# (Enzymes)

## प्रस्तावना

जैव तन्त्र का अस्तित्व असंख्य विशिष्ट एवं जटिल किन्तु क्रमबद्ध जैव रासायनिक क्रियाओं के समन्वय पर निर्भर है। एक जीवित कोशिका के भीतर कई रासायनिक क्रियाएँ दक्षतापूर्वक सामान्य तापक्रम पर होती रहती है। इनमें से कुछ क्रियाओं को कोशिका के बाहर तापक्रम, दाब, अम्लीयता एवं क्षारीयता की अति उच्च तथा उग्र परिस्थितियों में ही करवाया जा सकता है । इसके अतिरिक्त इनकी दक्षता भी कोशिकीय क्रियाओं से बहुत कम होती है। कोशिकाओं में विभिन्न जैव रासायनिक क्रियायें कुछ अति सक्रिय कार्बनिक पदार्थों की अल्प मात्रा की उपस्थिति में सम्पन्न होती है। ये पदार्थ जैव उत्प्रेरकों (Biocatalysts) की भांति व्यवहार करते हैं। इन्हें **एन्जाइम** अथवा **प्रकिण्व** कहते है। एन्जाइम रासायनिक अभिक्रियाओं की दर को अभिकारकों (Reactants) की सक्रियण ऊर्जा कम करके बढ़ा देते हैं। कोशिकाओं में कुछ अभिक्रियाएं संश्लेषण प्रकार की होती है। जिनमें ऊर्जा की आवश्यकता होती है इन्हें **उपचय अभिक्रियाएं** (Anabolic processes) कहते हैं। जबकि कुछ अभिक्रियाएँ विघटन प्रकार की होती हैं जिनमें ऊर्जा मुक्त होती हैं। इन्हें **अपचय अभिक्रिया** (Catabolic processes) कहा जाता है। कोशिकाओं में ये दोनों अभिक्रियाएँ मिलकर उपापचय पथों का निर्माण करती है। एन्जाइम की सर्वस्वीकृत परिभाषा है-'**प्रोटीन प्रकृति के ऐसे कार्बनिक पदार्थ जो जीवित कोशिकाओं में जैव उत्प्रेरक का कार्य करते है, एन्जाइम कहलाते हैं।**'

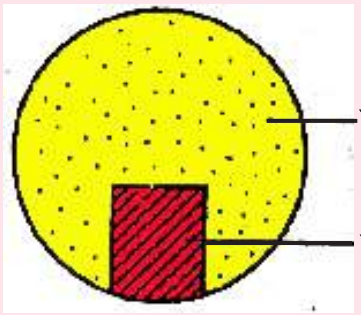
## एन्जाइमों का इतिहास

एन्जाइम की जैव उत्प्रेरक के रूप में पहचान **बर्जिलियस** (Bergelius, 1835) ने की। **एडवर्ड बुकनर** (Edward Buchner) ने सर्वप्रथम यीस्ट की कोशिकाओं से **जायमेज** (Zymase) नामक एन्जाइम जटिल को खोजा। एन्जाइम शब्द का सर्वप्रथम प्रयोग **विली कुहने** (Willy Kuhne, 1878) ने यीस्ट विलयन के किण्वन के लिए किया। **जे.बी. सुमनर** (J.B. Sumner, 1926) ने सर्वप्रथम यूरिऐज एन्जाइम का विशुद्ध क्रिस्टलीय रूप प्राप्त किया। **सुमनर एवं नारथ्रोप** (Sumner and Northrope, 1930) ने सप्रमाण स्थापित किया कि समस्त एन्जाइम्स रासायनिक दृष्टि से प्रोटीन होते हैं। **सुमनर, नारथ्रोप** तथा **स्टैनले** को प्रोटीन सम्बन्धी कार्य के लिए 1947 में नोबल पुरस्कार से सम्मानित किया गया। अप्रोटीनी एन्जाइम (RNA के उत्प्रेरकीय अणु) की खोज सर्वप्रथम **सेक एवं अल्टमेन** (T.Cech and Altman) द्वारा की गई जिसे **राइबोजाइम** (Ribozyme) कहा गया है।

## एन्जाइम की संरचना

सभी एन्जाइम प्रोटीन होते है परन्तु सभी प्रोटीन एन्जाइम नहीं है। राइबोजाइम (Ribozyme) नामक एन्जाइम RNA का बना होता है, जो RNA समबंधन (Splicing) में सहयोग करता है। कुछ एन्जाइम जैसे पेप्सिन, यूरिएज आदि पूर्ण रूप से प्रोटीन द्वारा निर्मित होते हैं, लेकिन अधिकांश एन्जाइमों में मुख्य घटक प्रोटीन के साथ अन्य अप्रोटीन पदार्थ भी पाये जाते है जो प्रोटीन भाग की क्रियाशीलता के लिए आवश्यक होते है। इस प्रकार का एन्जाइम **होलोएन्जाइम या**

**पूर्णएन्जाइम** (Holozyme) कहलाता है। होलोएन्जाइम का प्रोटीन वाला भाग **एपोन्जाइम** (Apoenzyme) तथा अप्रोटीन वाला भाग सहकारक (Cofactor) कहलाता है। सहकारक (Cofactor) को तीन प्रकार से विभेदित किया जा सकता है-




चित्र 9.1 होलोएन्जाइम

**( i ) प्रोस्थेटिक समूह ( Prosthetic group )** - जब कार्बनिक प्रकृति का अप्रोटीन भाग एपोएन्जाइम से सघनता से एवं दृढ़तापूर्वक अनुबंधित रहता है, उसे प्रोस्थेटिक समूह कहते है। eg. साइटोक्रोम, फ्लेवो प्रोटीन

**( ii ) सह एन्जाइम ( Co-enzyme )** - जब अप्रोटीन भाग एपोएन्जाइम से ढ़ीले अथवा आसानी से पृथक होने योग्य तथा पुनः संलग्न होने योग्य रूप में अनुबंधित रहता है तो इस भाग को सह-एन्जाइम या को-एन्जाइम कहते है। जैसे- NAD, NADP, FAD, Co-A आदि।

**( iii ) सक्रियक ( Activator )** - जब अप्रोटीन भाग अकार्बनिक प्रकृति का कोई धातु आयन हो तो उस सक्रियक कहते है जैसे - Fe

होलो एन्जाइम = एपो एन्जाइम + अप्रोटीन भाग (कोफेक्टर)
( i ) प्रोस्थेटिक समूह
( ii ) सह-एन्जाइम
( iii ) सक्रियक

होलो एन्जाइम से सह-एन्जाइम को डायालेसिस की प्रक्रिया द्वारा आसानी से पृथक किया जा सकता है।

**एपोएन्जाइम** - यह एन्जाइम का प्रमुख भाग होता है। विभिन्न एन्जाइमों में प्रोटीन अणुओं की लम्बाई भिन्न-भिन्न तथा अमीनो अम्लों का क्रम विशिष्ट होता है। प्रोटीन कोलाइडी होते है जिससे एन्जाइम को प्रति इकाई आयतन, अधिक सतह क्षेत्रफल उपलब्ध होता है। एन्जाइम के प्रोटीन भाग (एपो-एन्जाइम) में एक या अधिक विशेष क्षेत्र होते है जिन्हें **सक्रिय स्थल** (Active sites) कहते है। इन्हीं सक्रिय स्थलों से आधारी अभिकारक बंधित होता है।

## एन्जाइमों के विशिष्ट गुण
## ( Specific Properties of Enzymes )

सभी एन्जाइम्स कोशिकाओं में पाये जाते हैं परन्तु ये समान रूप से वितरित नहीं होते है। जैसे- श्वसन के लिए आवश्यक एन्जाइम माइटोकॉण्ड्रिया में पाया जाते है, जबकि प्रकाश संश्लेषण के लिए आवश्यक एन्जाइम क्लोरोप्लास्ट में विद्यमान रहते है। एन्जाइमों को उत्प्रेरण क्षमता नष्ट किये बिना विशुद्ध रूप से पृथक किया जा सकता है। विस्तृत अध्ययन के पश्चात् एन्जाइमों के विभिन्न गुणों का व्यापीकरण किया गया है जो निम्नलिखित है-

**( i ) प्रोटीन प्रकृति ( Protein nature )** - सभी एन्जाइम रासायनिक रूप से प्रोटीन होते है। इनमें प्रोटीन के अतिरिक्त कभी-कभी अकार्बनिक अथवा कार्बनिक पदार्थ के परमाणु, आयन अथवा समूह भी उपस्थित हो सकते है।

**( ii ) कोलॉइडी प्रकृति ( Colloidal nature )** - समस्त एन्जाइम कोलॉइडी प्रकृति के होते है। इनका पृष्ठीय क्षेत्रफल अधिक होने के कारण ये जैव रासायनिक अभिक्रियाओं के लिए वृहत सतह प्रदान करते है, जिससे अभिक्रियाएं तीव्रदर से सम्पन्न होती है।

**( iii ) विशिष्टता ( Specificity )** - सभी एन्जाइम अपनी अभिक्रिया के प्रति विशेषता रखते हैं। सामान्यतः एक एन्जाइम केवल एक ही अभिक्रिया को उत्प्रेरित करता है या कुछ विशेष प्रकार के रासायनिक आबंधों पर क्रियाशील रहता है। जबकि कुछ ही एन्जाइम ऐसे है जो दो या दो से अधिक भिन्न प्रकार की अभिक्रियाओं को भी उत्प्रेरित करते है।

एन्जाइम विशिष्टता सामान्यतः चार प्रकार की होती है:-

**( क ) निरपेक्ष विशिष्टता ( Absolute specificity )** - इस प्रकार की विशिष्टता वाले एन्जाइम केवल एक प्रकार की अभिक्रिया को ही उत्प्रेरित करते है। जैसे यूरिएज द्वारा केवल विशिष्ट यूरिया का जल अपघटन किया जाता है।

**( ख ) समूह विशिष्टता ( Group specificity )** - कुछ एन्जाइम सम्बन्धित क्रियाकारक (Substrate) के समूह विशेष पर ही उत्प्रेरण करते हैं। जैसे हेक्सोकाइनेज विभिन्न प्रकार की हेक्सोज शर्कराओं पर क्रियाशील होते है।

**( ग ) बन्ध विशिष्टता ( Bond specificity )** - कुछ एन्जाइम एक विशेष प्रकार के रासायनिक बंध की ही पहचान कर इस पर क्रियाशीलता दर्शाते हैं जैसे राइबोन्यूक्लिएज एन्जाइम द्वारा पिरिमिडिन क्षारक के 3' (3 prime) सिरे पर ही फोस्फोडाईएस्टर बन्ध का जल अपघटन किया जाता है।

**( घ ) त्रिविम विशिष्टता ( Stereo specificity )** - कुछ

एन्जाइम क्रियाधारों के केवल विशेष प्रकार के त्रिविम समावयवी पर ही क्रियाशील होते है, दूसरे रूपों पर नहीं। जैसे- अमीनो अम्ल आक्सीडेज के L- (levo) अमीनो अम्ल द्वारा होने वाली अभिक्रियाओं को ही उत्प्रेरित करते है, D अमीनो अम्ल पर नहीं।

**( iv ) वृहद आकार ( Large size )** - एन्जाइम अणु का आकार बड़ा होने के कारण अति सूक्ष्म मात्रा में भी अधिक क्रियाधारों को अभिक्रिया सतह प्रदान कर सकते है, जो अभिक्रिया की दर को बढ़ाने में सहायक होता है।

**( v ) अम्लीय एवं क्षारीय दोनों प्रकार के क्रियाधारों से क्रिया करने की क्षमता** - एन्जाइम का अधिकांश भाग प्रोटीन द्वारा निर्मित होता है तथा प्रोटीन उभयधर्मी प्रकृति का अणु होने के कारण ये क्षारीय एवं अम्लीय दोनों प्रकार के क्रियाधारों से क्रिया कर सकते हैं।

**( vi ) एन्जाइम इष्टता ( Enzyme optima )** - अधिकतर एन्जाइम विशेष अवस्थाओं में ही सर्वोत्तम क्रियाशीलता दर्शाते हैं, यह एन्जाइम इष्टता कहलाती है। एन्जाइम क्रियाशीलता तापमान, $p^H$ क्रियाधारों की सांद्रता आदि पर निर्भर करती है। प्रोटीन प्रकृति के होने के कारण उच्च ताप पर इनकी उत्प्रेरण क्षमता समाप्त हो जाती है।

**( vii ) एन्जाइम संदमन या निरोधन ( Enzyme inhibition )** - एन्जाइम की क्रियाशीलता को दूसरे रसायनों द्वारा कम किया या रोका जा सकता है। इन रसायनों को एन्जाइम संदमक या निरोधक कहते है। एन्जाइम निरोधन उत्क्रमणीय या अनुत्क्रमणीय (Direct or reciprocal) हो सकता है।

## एन्जाइम क्रिया को प्रभावित करने वाले कारक ( Factors affecting Enzymatic Action )

एन्जाइमों की उत्प्रेरण क्रियाशीलता को निम्न कारक प्रभावित करते है-

**( 1 ) तापक्रम ( Temperature )** - प्रोटीन प्रकृति के कारण एन्जाइम ताप परिवर्तनों के प्रति अति संवेदनशील होते हैं। एन्जाइम क्रिया के लिए अनुकूल ताप 20°C से 35°C तक होता है। इस सीमा में 10°C तापक्रम में वृद्धि करने पर अभिक्रिया की दर 2 से 2½ गुना तक बढ़ जाती है। 35°C से अधिक तापक्रम पर तापीय विकृतीकरण के कारण अभिक्रिया की गति मंद हो जाती है व अति उच्च तापक्रम पर बंद हो जाती है।

**( 2 ) $p^H$ मान** - सभी एन्जाइम माध्यम की $p^H$ के प्रति अति संवेदनशील होते हैं। प्रत्येक एन्जाइम एक विशिष्ट अनुकूलतम $p^H$ मान पर ही क्रिया कर सकता है। अधिकांश एन्जाइम 5.0 से 7.5 $p^H$ की परास में दक्षता पूर्वक कार्य करते हैं। $p^H$ के मान में कमी अथवा अधिकता एन्जाइम की क्रियाशीलता को कम करती है।

**( 3 ) क्रियाधारों की सान्द्रता ( Concentration of substrate )** -क्रियाधार की सान्द्रता निम्न, श्रेष्ठतम (Optimum) या अधिकमत हो सकती है। निम्न सान्द्रता पर एन्जाइम क्रिया की गति कम हो जाती है क्योंकि एन्जाइम अणु की सतह पर स्थित सभी सक्रिय स्थलों पर क्रियाधार अणुओं का संयोग नहीं होता है। क्रियाधार की सान्द्रता बढ़ाने पर क्रिया की गति भी बढ़ती है। एक निश्चित सान्द्रता से अधिक सान्द्रता पर क्रिया की गति स्थिर हो जाती है। पर्याप्त सान्द्रता पर होने वाली अधिकतम गति को अधिकतम वेग कहते है।

**( 4 ) एन्जाइम सान्द्रता ( Enzyme concentration )** - क्रियाधार की उपयुक्त सान्द्रता के रहते एन्जाइम अभिक्रिया की गति एन्जाइम सान्द्रता के अनुक्रमानुपाती होती है। एन्जाइम सान्द्रता के बढ़ाने पर अभिक्रिया की गति धीरे-धीरे बढ़ती है तथा क्रियाधारों की सान्द्रता के सीमाकारी प्रभाव के कारण किसी एक बिन्दु पर रुक कर स्थिर हो जाती है। अत: एन्जाइम सान्द्रता बढ़ाने के साथ-साथ क्रियाधार की सान्द्रता बढ़ाने पर अभिक्रिया की गति बढ़ जाती है।

**( 5 ) अन्तिम उत्पाद की सान्द्रता ( Concentration of end product )** - अन्तिम उत्पाद की सान्द्रता में वृद्धि के कारण एन्जाइम उत्प्रेरित क्रिया में मन्दता आती है। यह मन्दता बढ़ते-बढ़ते साम्यावस्था पर क्रिया को बिल्कुल शून्य कर देती है तथा साम्यावस्था के पश्चात् क्रिया विपरीत दिशा में प्रारम्भ हो जाती है।

**( 6 ) एन्जाइम निरोधक एवं विष ( Enzyme inhibitors and poisons )** - वे पदार्थ जो एन्जाइम की उत्प्रेरण क्षमता को कम कर देते है उन्हें एन्जाइम निरोधक कहते हैं। ये निरोधक पदार्थ सामान्यत: एन्जाइम के सक्रिय स्थलों से संयोग करके उन्हें निष्क्रिय कर देते है। संदमन अभिक्रिया दो प्रकार की होती है-

**( क ) प्रतिस्पर्धी निरोधक ( Competitive inhibition )** - ऐसे निरोधक पदार्थों की संरचना क्रियाधार अणुओं से मिलती-जुलती होती है। अत: ये पदार्थ एन्जाइम अणुओं के सक्रिय स्थलों से जुड़ने में क्रियाधार अणुओं से प्रतिस्पर्धा रखते है जिससे एन्जाइम की क्रिया मन्द हो जाती है। जैसे- मैलौनिक अम्ल सक्सीनिक अम्ल का प्रतिस्पर्धी निरोधक है। इस प्रकार के संदमन को क्रियाधार की सान्द्रता में वृद्धि करके रोका जा सकता है।

**( ख ) अप्रतिस्पर्धी निरोधक ( Non-Competitive inhibition )** - इस प्रकार के निरोधक पदार्थ स्थायी रूप से एन्जाइम अणुओं से जुड़कर उनमें संरचनात्मक परिवर्तन ला देते हैं। यह स्थायी संयोजन एन्जाइम अणु को विकृत कर देता है। ऐसे पदार्थों को कोशिका आविष कहा जाता है, जैसे- $Pb^{++}$, $Hg^{++}$, $Ag^{++}$ आदि आयन। सायनाइड श्वसन क्रिया में साइटोक्रोम आक्सीडेज को संदमित कर देता है। इस प्रकार के संदमन को एन्जाइम की सान्द्रता बढ़ाकर रोका जा

सकता है।

## एन्जाइम क्रिया की विधि
## ( Mode of enzyme action )

समस्त एन्जाइमों की कार्यप्रणाली एन्जाइम व अभिक्रिया में भाग लेने वाले क्रियाधारों की प्रकृति पर निर्भर करती है। एन्जाइम अभिक्रिया का आरम्भन व अभिक्रिया की दर एन्जाइम क्रियाधार जटिल (Enzyme substrate complex) के बनाने व अभिक्रिया के प्रारम्भ होने के लिए आवश्यक सक्रियण ऊर्जा में कमी करने से संबंधित है। अत: एन्जाइम की कार्यप्रणाली को निम्न प्रकार से समझा जा सकता है-

1. एन्जाइम क्रियाधार जटिल का निर्माण
2. सक्रियण ऊर्जा में कमी

**1. एन्जाइम क्रियाधार जटिल या संकुल का निर्माण ( Formation of enzyme substrate complex, ESC ) -** सभी प्रकार की एन्जाइम उत्प्रेरित अभिक्रियाओं में सबसे पहले एन्जाइम क्रियाधारों से मिलकर एक अस्थायी यौगिक का निर्माण करते है जिसे **एन्जाइम-क्रियाधार जटिल** या **संकुल** (Enzyme substrate complex) कहते है। यह संकुल विखण्डित होकर उत्पाद बनाता है व एन्जाइम को पृथक कर देता है।

क्रियाधार + एन्जाइम → एन्जाइम क्रियाधार जटिल (अस्थायी)

एन्जाइम क्रियाधार जटिल → एन्जाइम + उत्पाद

चित्र 9.2 एन्जाइम की क्रियाविधि

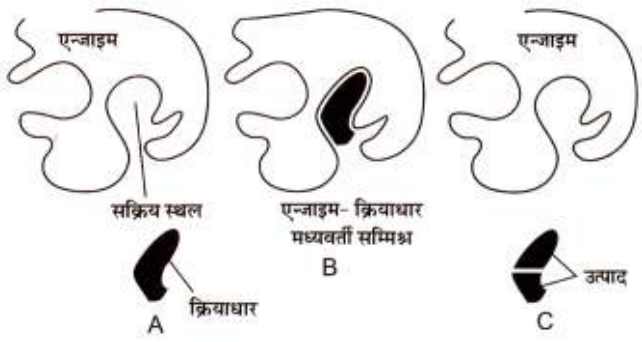
प्रत्येक एन्जाइम की सतह पर कोई विशेष स्थान (Specific site) होता है जहाँ पर क्रियाकारक जुड़ सकते हैं। उन स्थानों को **सक्रिय स्थल** (Active sites) कहते हैं। एन्जाइम में सक्रिय स्थल इतने पास-पास होते हैं कि क्रियाधार यहाँ जुड़कर आसानी से क्रिया कर सकते हैं। जब क्रियाधार एन्जाइम सतह से जुड़ते हैं, तब एन्जाइम का आकार परिवर्तित हो जाता है व क्रियाधारों के मध्य नये बन्ध बनते हैं। इन बन्धों के कारण बनने वाला उत्पाद एन्जाइम से पृथक हो जाता है। एन्जाइम मुक्त होकर पुन: क्रियाधारों के अन्य अणुओं से जुड़ जाते है एवं नये एन्जाइम क्रियाधार संकुल का निर्माण करते हैं।

एन्जाइम क्रियाधार संकुल बनने की प्रक्रिया को निम्न दो सिद्धान्तों से समझाया जा सकता है:-

**( i ) ताला कुंजी सिद्धान्त ( Lock and Key Theory )** - इस सिद्धान्त का प्रतिपादन **एमिल फिशर** (Emil Fischer, 1984) द्वारा किया गया था। इस सिद्धान्त के अनुसार एक ताला उसी की चाबी से ही खोला जा सकता है, ठीक इसी प्रकार एक विशेष आकार का क्रियाधार ही एन्जाइम की विशेष सक्रिय सतह से बंध बना सकता है। अत: इस प्रकार की एन्जाइम द्वारा उत्प्रेरित होने वाली अभिक्रिया में विशेष प्रकार के क्रियाधार ही विशेष एन्जाइम की सक्रिय स्थल पर जुड़ सकते हैं।

चित्र 9.3 एन्जाइम क्रिया-विधि का ताला-चाबी प्रतिरूप

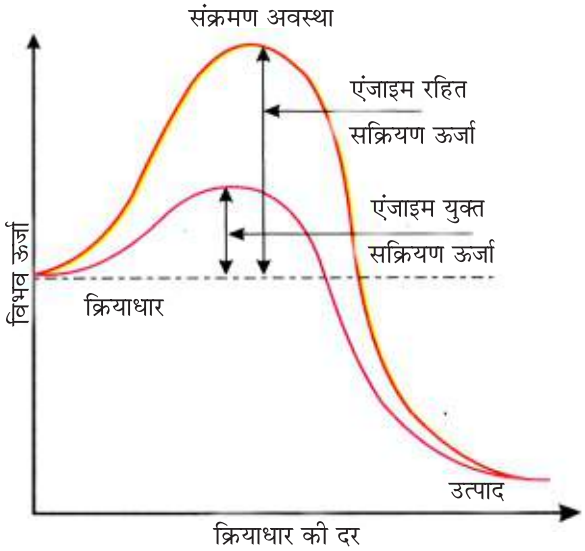
**( ii ) प्रेरित आसंजन सिद्धान्त ( Induced fit Theory )** - इस सिद्धान्त का प्रतिपादन **कोशलैण्ड** (Koshland, 1966) द्वारा किया गया था। इस सिद्धान्त के अनुसार एन्जाइम में पाये जाने वाले सक्रिय स्थल दृढ़ नहीं होते हैं अर्थात् ये सक्रिय स्थल प्रारम्भ से क्रियाधार अणु की संरचना के पूरक नहीं होते है, लेकिन क्रियाधार जैसे ही एन्जाइम के सम्पर्क में आते है, सक्रिय स्थल उसके अनुपूरक हो जाते है। इस सिद्धान्त के अनुसार एन्जाइम में उपस्थित सक्रिय स्थल क्रियाधारों द्वारा प्रेरित होकर अनुपूरक बनते हैं। इस कारण यह सिद्धान्त प्रेरित आसंजन सिद्धान्त कहलाता है। सरल भाषा में यह कहा जा सकता है कि एन्जाइम का क्रियास्थल ताला चाबी सिद्धान्त द्वारा प्रतिपादित विचार के अनुसार निश्चित या दृढ़ नहीं होकर परिवर्तनशील होता है। अत: क्रियाधार का सम्पर्क होने पर इसे संयोजित करने के लिए अपनी संरचना में मामूली परिवर्तन कर लेते हैं जिससे एन्जाइम सब्सट्रेट कॉम्पलेक्स( एन्जाइम क्रियाधार जटिल) बनता है।




चित्र 9.4 एन्जाइम क्रिया-विधि का प्रेरित आसंजन प्रतिरूप

**( 2 ) सक्रियण ऊर्जा में कमी करना ( Lowering of**

**Activation Energy )** - रासायनिक अभिक्रियाओं में ऊर्जा मुक्त होती है, लेकिन इन अभिक्रियाओं को आरम्भ न करने के लिए भी कुछ ऊर्जा की आवश्यकता होती है। अभिक्रिया आरम्भ के लिए आवश्यक ऊर्जा **सक्रियण ऊर्जा** (Activation energy) कहलाती है। एन्जाइमों में यह विशेषता होती है कि वे क्रियाधार के अणुओं के सक्रियण के लिए आवश्यक ऊर्जा को कम कर देते हैं। अत: एन्जाइम की उपस्थिति में क्रियाकारक कम सक्रियण ऊर्जा पर ही क्रियाफलों में परिवर्तित हो जाते हैं।




चित्र 9.5 सक्रियण ऊर्जा

## एन्जाइमों की नामकरण पद्धति
## ( Nomenclature of Enzymes )

एन्जाइमों का नामकरण प्राय: इनके द्वारा अतिक्रमित आधारी पदार्थ (Substrate) के नाम के आधार पर अथवा इनके द्वारा उत्प्रेरित क्रिया के प्रकार के आधार पर किया जाता है। डयूक्लॉक्स (Duclaux 1883) के प्रस्ताव के अनुसार एन्जाइम के नाम का अन्त एज (ase) प्रत्यय द्वारा किया जाता है। एन्जाइम नामकरण की दो प्रचलित पद्धतियाँ हैं-

**( 1 ) क्रियाधार के आधार पर( On the basis of substrate )** - इस पद्धति के अनुसार क्रियाधार के नाम के अन्त में ऐज लगा देने से उस एन्जाइम का नाम बन जाता है जो इस क्रियाधार पर आक्रमण करता है जैसे सुक्रेज, माल्टेज, लाइपेज जो क्रमश: शर्करा, माल्ट (कार्बोइड्रेट)तथा लिपिइड्स (वसायें) पर क्रियाशील होते हैं।

**( 2 ) रासायनिक क्रिया के आधार पर ( On the basis of chemical reaction )** - यह पद्धति अधिक लोकप्रिय एवं व्यवहार में है। इस पद्धति के अंतर्गत एन्जाइमों का नाम उनके द्वारा उत्प्रेरित क्रिया के आधार पर रखा जाता है। उदाहरण के लिए हाइड्रोलेज (Hydrolase), ऑक्सीडेज (Oxydase), कार्बोक्सीलेज (Carboxyloe), डिहाइड्रोजिनेज (Dehydrogenase)। कई एन्जाइमों का नामकरण उनके द्वारा उत्प्रेरित होने वाले क्रियाधार व अभिक्रिया की प्रकृति दोनों के आधार पर किया जाता है। जैसे- L ग्लूटेमिक डिहाइड्रोजिनेज इसमें L- ग्लूटेमिक अम्ल क्रिया कारक है तथा इसके द्वारा उत्प्रेरित होने वाली अभिक्रिया डिहाड्रोजनीकरण है।

अन्तर्राष्ट्रीय जैव रसायन संघ ने 1955 में एन्जाइम के मानक एवं क्रमबद्ध नामकरण की पद्धति प्रतिपादित की। एन्जाइम के मानक एवं क्रमबद्ध नाम में उसके क्रियाधार, अभिक्रिया जिसे वह उत्प्रेरित करता है का समावेश होना चाहिये, ताकि उसके क्रियाधार, अभिक्रिया व अन्य सूचनाओं का पता चल सके। इस प्रकार हैक्सोकाइनेज का मानक नाम **ए.टी.पी: डी. हेक्सोज, 6-फास्फोट्रांसफरेज** (ATP: D-hexose 6-Phosphotransferase), यूरीकेज का मानक नाम यूरेट: $O_2$ आक्सीडोरिडक्टेज है। कुछ एन्जाइमों के मानक नाम अत्यन्त जटिल हो जाते हैं जिन्हें याद रखना कठिन होता है। इस कारण उनके लिए छोटे-छोटे नाम प्रतिपादित किये गये है जिन्हें संस्तुति (Recommended) नाम कहा जाता है।

## एन्जाइमों का वर्गीकरण
## ( Classification of Enzymes )

अन्तर्राष्ट्रीय जीव रसायन संघ (International Union of Biochemistry :IUB) ने एन्जाइमों के वर्गीकरण हेतु इनके समग्र औपचारिक अभिक्रिया समीकरण (Overall formal reaction equation) के उपयोग की सिफरिश की थी। एन्जाइम कमीशन ने सभी एन्जाइमों को छ: वर्गों में वर्गीकृत किया है व प्रत्येक एन्जाइम को एक एन्जाइम कूट (Enzyme Code, EC)की संख्या दी है। ये छ: वर्ग निम्न है-

**( 1 ) ऑक्सीडोरिडक्टेजेज** (Oxidoreductases)- इस वर्ग में वे सभी एन्जाइम सम्मिलित किये गये है जो ऑक्सीकरण व अपचयन की अभिक्रियाओं को उत्प्रेरित करते हैं। ये एन्जाइम अपने क्रियाधारों में से इलेक्ट्रोन अथवा हाइड्रोजन हटाकर अथवा जोड़कर उनका ऑक्सीकरण अथवा अपचयन करते है। जैसे- साइटोक्रोम ऑक्सीडेज (Cytochrome oxidase), एल्कोहल डिहाइड्रोजिनेज (Alcohol dehydrogenase), रिडक्टेज (Reductase)।

**( 2 ) ट्रांसफेरेजेज ( Transferases )**- ये एन्जाइम अपने क्रियाधारों में हाइड्रोजन के अतिरिक्त किसी भी मूलक अथवा समूह को एक क्रियाधार से दूसरे में स्थानान्तरण करते है। इनके द्वारा स्थानान्तरित होने वाले प्रमुख समूह अमीनो, फास्फेट, मिथाइल, थायोल, कीटोन इत्यादि है। उदाहरण- ट्रांसएमिनेज, ट्रांसफास्फेटेज।

**( 3 ) हाइड्रोलेजेज ( Hydrolases )**- इस वर्ग के एन्जाइम जल के अणुओं को जोड़ने अथवा निकालने वाली अभिक्रियाओं को उत्प्रेरित करते है। किसी भी रासायनिक अभिक्रिया में जल के अणुओं का जुड़ना हाइड्रोनेजेज एन्जाइम की उपस्थिति में होता है। ये एन्जाइम वृहत् अणुओं को जल संयोजन द्वारा छोटे-छोटे अणुओं में तोड़ देते है। जैसे-एस्ट्रेज (Eseterase), कार्बोहाइड्रेज (Carbohydrase), एमाइलेज(Amylase), न्यूक्लिऐज (Nuclease)।

हाइड्रोलेजे प्रकार के एन्जाइम छोटे-छोटे अणुओं को जोड़कर वृहत् आण्विक यौगिकों का निर्माण करते है जिसमें जल के अणु मुक्त होते है जैसे- फ्यूमेरेज (Fumarase), इनोलेज (Enolase) आदि।

**( 4 ) लायेजेज ( Lyases )**- इस प्रकार के एन्जाइम अपने क्रियाधारों में से बिना जल अपघटन किये विशेष प्रकार के सह संयोजक बन्ध तोड़कर समूह निष्कासन को उत्प्रेरित करते हैं। जैसे- एल्डोलेज (Aldolase)।

**( 5 ) आइसोमरेजेज ( Isomerases )**- इस प्रकार के एन्जाइम क्रियाधारों में अंतर आण्विक पुन:र्व्यवस्था के द्वारा उनकी स्थितिज अथवा प्रकाशीय समावयवी में परिवर्तन होने वाली अभिक्रियाओं को उत्प्रेरित करते हैं अर्थात् किसी क्रियाधार को उसके समावयवी अणु में परिवर्तित करते है। जैसे-फास्फोहेक्सो आइसोमरेज (Phosphoexoisomerase)।

**( 6 ) लाइगेजेज ( Ligases )**- इस प्रकार के एन्जाइम दो यौगिकों को सहसंयोजक बंधों द्वारा जोड़ने वाली अभिक्रियाओं को उत्प्रेरित करते हैं। जैसे- पाइरुवेट कार्बोक्सीलेज (Pyruvate carboxylase), सिट्रेट सिन्थेटेज (Citrate synthatase)।

## महत्वपूर्ण बिंदु

1. एन्जाइम एक प्रकार के प्रोटीन द्वारा निर्मित जैविक उत्प्रेरक हैं।
2. यूरिऐज एन्जाइम का सर्वप्रथम क्रिस्टलीकरण जे.बी. सुमनर ने 1926 में किया था।
3. एन्जाइम का प्रोटीन भाग एपो एन्जाइम व अप्रोटीन भाग कोएन्जाइम कहलाता है। दोनों को सम्मिलित रूप से होलो एन्जाइम कहते हैं।
4. कोफेक्टर कार्बनिक यौगिक अथवा धात्विक आयन हो सकता है।
5. उभयधर्मी प्रकृति के कारण एन्जाइम अम्लीय एवं क्षारीय दोनों माध्यमों में क्रियाशील रहते हैं।
6. एन्जाइम की क्रिया को ताला-चाबी तथा प्रेरित आसंजन सिद्धान्त एवं सक्रियण ऊर्जा में कमी द्वारा स्पष्ट किया जाता है।
7. एन्जाइम का नामकरण उनके द्वारा उत्प्रेरित होने वाले क्रियाधार के नाम के अन्त में ऐज (ase) लगाकर किया जाता है।
8. एन्जाइमों को उनके द्वारा उत्प्रेरित होने वाली अभिक्रियाओं की प्रकृति के आधार पर छ: वर्गों में वर्गीकृत किया गया है:-

(1) आक्सीडोरिडक्टेजेज (2) ट्रांसफरेजेज (3) हाइड्रोलेजेज (4) लायजेज (5) आइसोमरेजेज (6) लाइगेजेज ।

## अभ्यासार्थ प्रश्न

### वैकल्पिक प्रश्न

1. एन्जाइम अकार्बनिक उत्प्रेरकों से भिन्न है-
   (अ) उच्च विसरण दर में
   (ब) उच्च ताप पर क्रियाशील
   (स) प्रोटीन प्रकृति
   (द) अभिक्रिया में स्वयं काम आते हैं
2. एन्जाइम का अप्रोटीन भाग कहलाता है-
   (अ) एपोएन्जाइम (ब) प्रोस्थेटिक समूह
   (स) होलो एन्जाइम (द) उपरोक्त सभी
3. कौनसा कथन सही है-
   (अ) सभी प्रोटीन एन्जाइम होते हैं
   (ब) सभी एन्जाइम प्रोटीन होते हैं
   (स) अधिकांश एन्जाइम प्रोटीन होते हैं
   (द) इनमें से कोई नहीं
4. सर्वप्रथम किस एन्जाइम की खोज की गई थी-
   (अ) जाइमेज (ब) लाइपेज
   (स) पेप्सीन (द) आइसोमरेज
5. एन्जाइम सक्रियता प्रभावित होती है-
   (अ) $p^H$ से (ब) क्रियाधार सान्द्रता से
   (स) तापमान से (द) उपरोक्त सभी से
6. अप्रतिस्पर्धी निरोधक वे पदार्थ है, जो एन्जाइम के
   (अ) सक्रिय स्थलों पर संलग्न हो जाते हैं।
   (ब) सक्रिय स्थलों को नष्ट कर देते है।
   (स) रचनात्मक संघटन में परिवर्तन कर देते है।
   (द) गुणों में कोई परिवर्तन नहीं करते है।
7. किस एन्जाइम का सबसे पहले क्रिस्टलीकरण किया गया था-
   (अ) यूरिऐज (ब) केटेलेज

(स) एमाइलेज (द) एल्डोलेज

**अतिलघुत्तरात्मक प्रश्न**

1. ताला-चाबी क्रिया विधि परिकल्पना किसने एवं कब प्रस्तावित की थी?
2. एन्जाइम का प्रोटीन एवं अप्रोटीन भाग क्या कहलाता है?
3. एक प्रोटीन रहित एन्जाइम का नाम बताइये।
4. प्रोस्थेटिक समूह की परिभाषा दीजिए।

**लघुत्तरात्मक प्रश्न**

1. को-एन्जाइम किसे कहते हैं? एक उदाहरण दीजिए।
2. प्रतिस्पर्धी संदमन से आप क्या समझते है? इसे कैसे रोका जा सकता है?
3. एन्जाइम की नामकरण विधि को संक्षेप में समझाइये।
4. एन्जाइम के द्वारा अभिक्रिया की गति कैसे बढ़ायी जाती है?

**निबन्धात्मक प्रश्न**

1. एन्जाइम की संरचना का वर्णन कीजिए तथा इनकी प्रमुख विशेषताओं को समझाइये।
2. एन्जाइम की उत्प्रेरण क्रिया विधि का वर्णन कीजिए।
3. एन्जाइम के वर्गीकरण को विस्तारपूर्वक समझाइये।
4. एन्जाइम संदमन किसे कहते है? यह कितने प्रकार का होता है एवं इसके प्रभावों को कैसे रोका जा सकता है? स्पष्ट कीजिए।

**उत्तरमाला** - 1. (स) 2. (ब) 3. (स) 4. (अ) 5. (द) 6. (स) 7. (अ)

❑❑❑