પ્રકરણ 9

જૈવઅણુઓ (Biomolecules)

9.1 રાસાયણિક પદાર્થોનું પૃથક્કરણ કેવી રીતે કરશો ?
9.2 પ્રાથમિક તેમજ દ્વિતીયક ચયાપચયકો
9.3 બૃહદ્ જૈવ અણુઓ
9.4 પ્રોટીન્સ
9.5 પોલિસેકેરાઇડ્સ
9.6 ન્યુક્લિઈક ઍસિડ્સ
9.7 પ્રોટીનની સંરચના
9.8 પોલિમરમાં મોનોમરને જોડતા બંધોના પ્રકાર
9.9 શરીર ઘટકોની ગતિક અવસ્થા ચયાપચયની સંકલ્પના
9.10 સજીવોનો ચયાપચયિક આધાર
9.11 જીવંત અવસ્થા
9.12 ઉત્સેચકો

જીવાવરણમાં વિવિધ પ્રકારના સજીવો જોવા મળે છે. આપણા મગજમાં એ પ્રશ્ન ઉત્પન્ન થાય છે કે શું બધા સજીવો રાસાયણિક સંગઠનની દૃષ્ટિએ એક જ સમાન પ્રકારનાં તત્ત્વો કે રસાયણો ભેગા થઈને બનેલા હોય છે ? તમે રસાયણ વિજ્ઞાનમાં અભ્યાસ કરી ચૂક્યા હશો કે તત્ત્વોનું વિશ્લેષણ કેવી રીતે કરવામાં આવે છે ? જો વનસ્પતિ પેશી, પ્રાણી પેશી અથવા ઉપદ્રવી સૂક્ષ્મજીવોનું આવુ પૃથક્કરણ કરવામાં આવે તો સજીવ પેશી પ્રતિ એકમ માત્રામાં આપણને કાર્બન, હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન અને અન્ય તત્ત્વોની સૂચિ અનુક્રમે પ્રાપ્ત થાય છે. જો ઉપરોક્ત પરીક્ષણ નિર્જીવ પદાર્થ જેવા કે ભૂ-પડના એક ટુકડાનું કરીએ તોપણ આપણને ઉપરોક્ત તત્ત્વોની સૂચિ પ્રાપ્ત થાય છે. પરંતુ ઉપરોક્ત બંને સૂચિમાં શું અંતર છે ? સુનિશ્ચિતતા પર તેઓમાં કોઈ અંતર જોવા મળતું નથી બધા તત્ત્વ જે ભૂ-પડના નમૂનાઓમાં જોવા મળે છે. તે બધા જીવંત પેશીઓના નમૂનામાં પણ જોવા મળે છે. છતા પણ સૂક્ષ્મ પરીક્ષણથી ખ્યાલ આવે છે કે કાર્બન અને હાઇડ્રોજનની માત્રા અન્ય તત્ત્વોની સાપેક્ષે કોઈ પણ સજીવમાં ભૂ-પડ કરતાં સામાન્યતઃ વધુ હોય છે. (કોષ્ટક 9.1).

9.1 રાસાયણિક પદાર્થોનું પૃથક્કરણ કેવી રીતે કરશો ? (How to analyse chemical composition)

તે જ રીતે આપણે પૂછી શકીએ કે સજીવોમાં કાર્બનિક ઘટકો કેવા સ્વરૂપે જોવા મળે છે ? ઉપરનો જવાબ મેળવવા કોઈ પણ વ્યક્તિ શું કરશે ? આનો ઉત્તર મેળવવા આપણે રાસાયણિક પૃથક્કરણ કરવું પડશે. આપણે કોઈ પણ જીવંત પેશી (જેવી કે શાકભાજી અથવા યકૃતનો નાનો ટુકડો વગેરે.) લઈને ખલ-દસ્તા કે મિક્સચરની મદદથી ટ્રાયક્લોરો ઍસિટિક ઍસિડ (Cl_3CCOOH)ની સાથે વાટવું. ત્યારબાદ આપણને એક ઘટ્ટ સ્લરી (પેસ્ટ) પ્રાપ્ત થાય છે. પછીથી તેને ચીઝ ક્લોથ કે રૂ વડે ગાળ્યા પછી આપણને બે નિષ્કર્ષણના ભાગ પ્રાપ્ત થાય છે. એક ભાગ જે ઍસિડમાં દ્રાવ્ય હોય તેને ગાળણ અથવા ટેકનીકલી રીતે ઍસિડ દ્રાવ્ય ભાગ એવું કહે છે અને બીજો ભાગ ઍસિડમાં અદ્રાવ્ય હોય છે. જેને અવશેષ અથવા ઍસિડ અદ્રાવ્ય ભાગ કહે છે. વૈજ્ઞાનિકોએ ઍસિડ દ્રાવ્ય ભાગમાં હજારો કાર્બનિક પદાર્થો મેળવ્યા છે.

તમે આગળના ધોરણમાં અભ્યાસ કરશો કે જીવંત પેશીઓના નમૂનાઓનું પૃથક્કરણ અને તેમાં જોવા મળતા ચોક્કસ કાર્બનિક દ્રવ્યોની ઓળખાણ કેવી રીતે કરી શકાય ? કોઈ પણ નિતારણમાં પ્રાપ્ત

થતાં વિશિષ્ટ રસાયણોને તેમાં જોવા મળતા અન્ય રસાયણોથી અલગ કરવા માટે જુદી જુદી પદ્ધતિઓનો ઉપયોગ થાય છે. જ્યાં સુધી તે અલગ થઈ નથી જતા બીજા શબ્દોમાં એક અલગ અને એક શુદ્ધ સંયોજન હોય છે. વિશ્લેષણાત્મક પદ્ધતિનો પ્રયોગ કરી કોઈ પણ સંયોજનોના આણ્વીય સૂત્ર અને સંભવિત રચના માટેની જાણકારી પ્રાપ્ત કરી શકાય છે. જીવંત પેશીઓમાં જોવા મળતા બધા કાર્બનિક રસાયણોને જૈવઅણુ કહી શકાય છે. પરંતુ સજીવોમાં અકાર્બનિક તત્ત્વ કે રસાયણો પણ જોવા મળે છે. આપણે તે કેવી રીતે જાણી શકીએ ? એક થોડો અલગ પરંતુ ખંડનાત્મક પ્રયોગ કરવો પડશે. જીવંત પેશીઓ(પર્ણ કે યકૃત તેને ભીનું વજન કરો)ની થોડી માત્રાનું વજન કરો અને તેને સૂકવી દો. બધા પાણીનું બાષ્પીભવન થઈ જશે. બાકી રહેલ દ્રવ્યથી શુષ્ક વજન પ્રાપ્ત થાય છે. હવે જો પેશીઓને સંપૂર્ણપણે દહન કરવામાં આવે તો બધા જ કાર્બનિક પદાર્થોનું ઑક્સિડેશન થઈ વાયુરૂપ(CO_2, પાણીની વરાળ) દૂર થશે. વધેલા પદાર્થને રાખ કહેવામાં આવે છે. જેમાં અકાર્બનિક તત્ત્વ(જેવા કે કૅલ્શિયમ, મૅગ્નેશીયમ વગેરે.) જોવા મળે છે. અકાર્બનિક રસાયણો જેવા કે સલ્ફેટ, ફૉસ્ફેટ વગેરે ઍસિડ દ્રાવ્ય ભાગમાં જોવા મળે છે. આ કારણે તત્ત્વીય પૃથક્કરણથી કોઈ પણ જીવંત પેશીઓના તત્ત્વીય સંયોજનો હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન, ક્લોરિન, કાર્બન વગેરેની જાણકારી પ્રાપ્ત થાય છે. રસાયણોના પરીક્ષણથી જીવંત પેશીઓમાં પ્રાપ્ત થતાં કાર્બનિક (આકૃતિ 9.1) તથા અકાર્બનિક (કોષ્ટક 9.2) સંયોજનોની જાણકારી મળે છે. રસાયણ વિજ્ઞાનના દૃષ્ટિકોણથી ક્રિયાશીલ સમૂહ જેવા કે આલ્ડિહાઇડ, કિટોન, એરોમેટિક સંયોજનો વગેરેની ઓળખાણ મેળવી શકાય છે પણ જીવવિજ્ઞાનના દૃષ્ટિકોણથી તેઓને એમિનો-ઍસિડ્સ, ન્યુક્લિઓટાઇડના બંધારણીય ઘટકો, ફેટિઍસિડ વગેરેમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

કોષ્ટક 9.1 : સજીવ અને નિર્જીવમાં જોવા મળતાં તત્ત્વોની તુલના

તત્વ	% વજન	
	ભૂ-પડ	માનવ શરીર
હાઇડ્રોજન (H)	0.14	0.5
કાર્બન (C)	0.03	18.5
ઑક્સિજન (O)	46.6	65.0
નાઇટ્રોજન (N)	ખૂબ જ અલ્પ	3.3
સલ્ફર (S)	0.03	0.3
સોડિયમ (Na)	2.8	0.2
કૅલ્શિયમ (Ca)	3.6	1.5
મૅગ્નેશીયમ (Mg)	2.1	0.1
સિલિકોન (Si)	27.7	અવગણ્ય

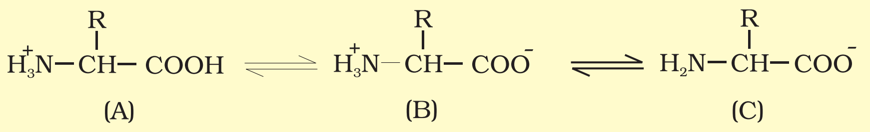
* CNR રાવ દ્વારા લખવામાં આવેલ ''અંડરસ્ટેન્ડિંગ કેમેસ્ટ્રી''માંથી લેવાયેલ. વિશ્વવિદ્યાલય પ્રકાશન હૈદરાબાદ.

કોષ્ટક 9.2 : સજીવ પેશીઓમાં જોવા મળતાં અકાર્બનિક અવયવોની સૂચિ

ઘટક	સૂત્ર
સોડિયમ	Na^+
પોટૅશિયમ	K^+
કૅલ્શિયમ	Ca^{++}
મૅગ્નેશીયમ	Mg^{++}
પાણી	H_2O
સંયોજનો	$NaCl$, $CaCO_3$ PO_4^{-3}, SO_4^{-2}

એમિનો ઍસિડ કાર્બનિક રસાયણ હોય છે. જેમાં એક જ કાર્બન (α-કાર્બન) પર એક એમિનો સમૂહ અને એક ઍસિડીક સમૂહ આવેલા હોય છે. એટલે કે તે α-કાર્બન છે. આથી તેને આલ્ફા (α) એમિનો ઍસિડ કહે છે. તે પ્રસ્થાપિત મિથેન છે. તેમાં ચાર પ્રતિ સ્થાયી સમૂહ ચાર સંયોજકતા સ્થાને જોડાયેલા હોય છે. આ સમૂહ હાઇડ્રોજન, કાર્બોક્સિલ સમૂહ, એમિનો સમૂહ તથા વિવિધ સમૂહ જેને R-સમૂહથી ઓળખવામાં આવે છે. R-સમૂહની પ્રકૃતિના આધારે એમિનો ઍસિડ ઘણા છે. પ્રોટીનમાં 20 પ્રકારના એમિનો ઍસિડ આવેલા હોય છે. પ્રોટીનના એમિનો ઍસિડમાં R-સમૂહ હાઇડ્રોજન (એમિનો ઍસિડ - ગ્લાયસીન), મિથાઇલ સમૂહ (એલેનીન), હાઇડ્રોક્સિ મિથાઇલ સમૂહ (સેરીન) વગેરે હોઈ શકે છે. 20 એમિનો ઍસિડમાંથી 3 એમિનો ઍસિડને આકૃતિ 9.1માં દર્શાવવામાં આવેલ છે.

એમિનો, કાર્બોક્સિલ તથા R-ક્રિયાશીલ સમૂહની આવશ્યકતા એમિનો ઍસિડના ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો માટે જરૂરી છે. એમિનો તથા કાર્બોક્સિલ સમૂહોની સંખ્યાના આધારે ઍસિડિક (ઉ. દા., ગ્લુટામિક ઍસિડ) બેઝિક (ઉ.દા. લાઇસિન) તથા તટસ્થ (ઉ. દા., વેલાઈન) તેવી જ રીતે એરોમેટિક એમિનો ઍસિડ્સ (ટાયરોસીન, ફિનાઇલ એલેનીન, ટ્રિપ્ટોફેન) હોય છે. એમિનો ઍસિડનો એક વિશેષ ગુણ એ છે કે તે એમિનો ($-NH_2$) તથા કાર્બોક્સિલ (COOH) સમૂહ આયનિકરણ પ્રકૃતિનાં

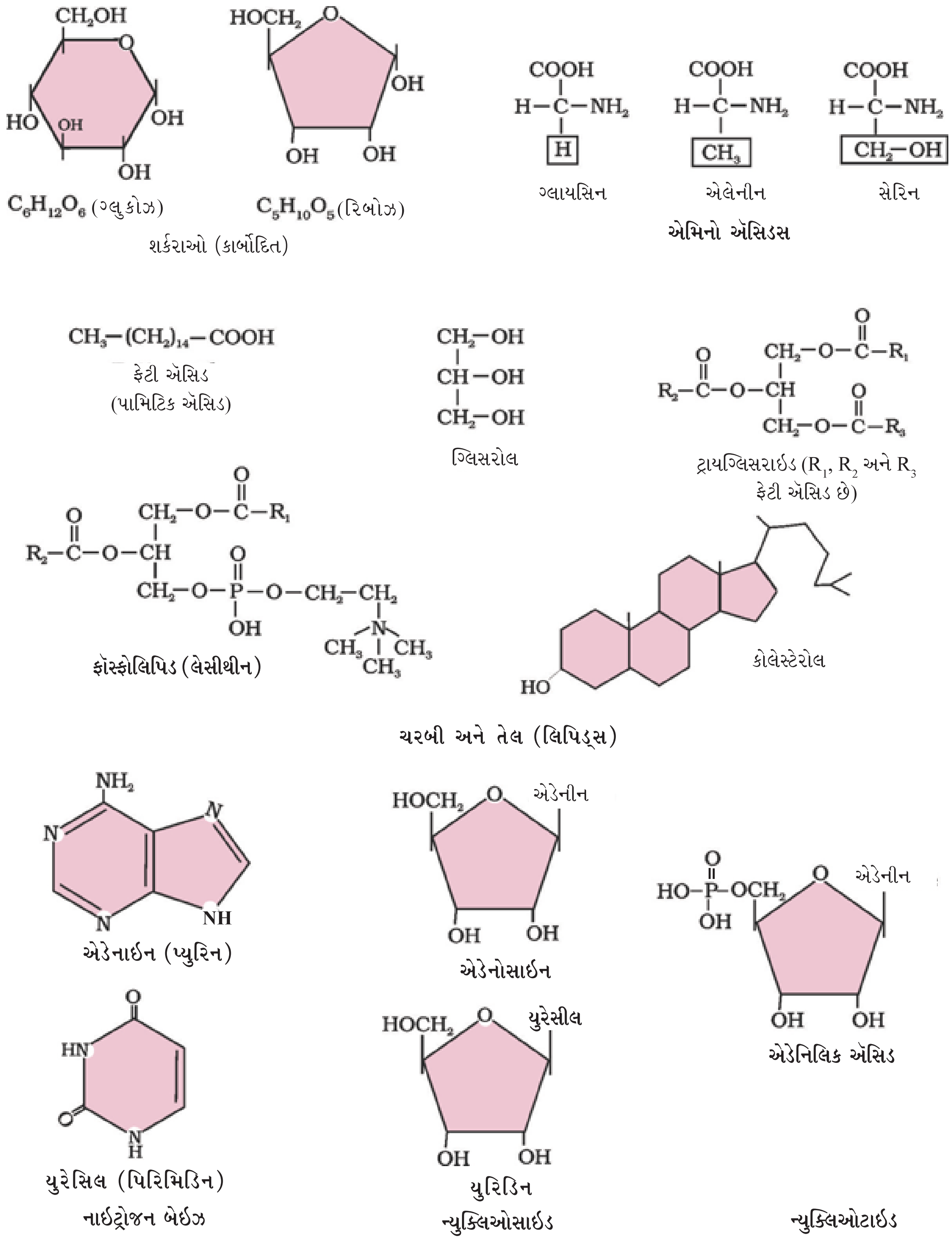


[B]ને ઝિવટર આયનિક સ્વરૂપ કહે છે.

હોય છે. તેથી જુદી જુદી pH વાળાં દ્રાવણમાં એમિનો ઍસિડની રચના બદલાતી રહે છે.

સામાન્ય રીતે લિપિડ પાણીમાં અદ્રાવ્ય હોય છે. તે સામાન્ય ફેટિઍસિડ પણ હોઈ શકે છે. ફેટિઍસિડમાં એક કાર્બોક્સિલ સમૂહ હોય છે. જે R-સમૂહ સાથે જોડાયેલ હોય છે. R-સમૂહ મિથાઇલ ($-CH_3$) અથવા ઇથાઇલ ($-C_2H_5$) કે ઉચ્ચ સંખ્યાવાળા $-CH_2$ સમૂહ [1 કાર્બનથી 19 કાર્બન] ઉદાહરણ તરીકે પામિટિક ઍસિડમાં કાર્બોક્સિલ સાથે 16 કાર્બન જોવા મળે છે. એરેકીડોનીક ઍસિડમાં કાર્બોક્સિલ કાર્બન સાથે 20 કાર્બન પરમાણુ હોય છે. ફેટિઍસિડ સંતૃપ્ત (દ્વિબંધ વગર) કે અસંતૃપ્ત (એક કે તેથી વધુ C = C દ્વિબંધ) પ્રકારના હોઈ શકે છે. બીજો સાદો લિપિડ ગ્લિસરોલ છે જે ટ્રાયહાઇડ્રૉક્સિ પ્રોપેન છે. ઘણા બધા લિપિડમાં ફેટિ ઍસિડ તેમજ ગ્લિસરોલ બંને જોવા મળે છે. અહીં ફેટિઍસિડ ગ્લિસરોલ સાથે એસ્ટરીકૃત હોય છે ત્યારે તે મોનોગ્લિસરાઇડ, ડાયગ્લિસરાઇડ તથા ટ્રાયગ્લિસરાઇડ હોઈ શકે છે. તેઓના ગલનબિંદુના આધારે તે મેદ કે તેલ કહેવાય છે. તેલનું ગલનબિંદુ અપેક્ષા કરતાં નીચું હોય છે. (જિંજેલી તેલ) અને તેથી શિયાળામાં પણ તે તેલ સ્વરૂપે હોય છે. શું તમે બજારમાં મળતા ફેટની ઓળખાણ કરી શકો છો ? કેટલાક લિપિડમાં ફૉસ્ફરસ અને ફૉસ્ફરીકૃત કાર્બનિક સંયોજનો જોવા મળે છે. આ ફોસ્ફો લિપિડ છે. જે કોષરસપટલમાં જોવા મળે છે. લેસિથિન એનું દૃષ્ટાંત છે. કેટલીક પેશીઓમાં વિશિષ્ટ સ્વરૂપે ચેતાપેશીમાં વધારે જટિલ સંરચનાવાળા લિપિડ જોવા મળે છે.

જીવંત સજીવોમાં ઘણા બધા કાર્બનિક સંયોજનો વિષમ ચક્રીય રીંગ સ્વરૂપે પણ હોય છે. તેમાંથી કેટલાક નાઇટ્રોજન બેઝિસ - એડેનીન, ગ્વાનીન, સાઇટોસીન, યુરેસિલ અને થાયમિન છે. જ્યારે તે શર્કરા સાથે જોડાય છે ત્યારે તેને ન્યુક્લિઓસાઇડ કહે છે અને જો તેમાં ફૉસ્ફેટ સમૂહ પણ શર્કરા સાથે એસ્ટરબંધથી જોડાય તો તેને ન્યુક્લિઓટાઇડ કહે છે. એડિનોસાઇન, ગ્વાનોસિન, થાયમિડિન, યુરિડિન અને સાઇટિડિન ન્યુક્લિઓસાઇડ છે. એડેનિલિક ઍસિડ, થાયમેડિલિક ઍસિડ, ગ્વાનિલિક ઍસિડ, યુરિડિલિક ઍસિડ અને સાઈટિડિલિક ઍસિડ ન્યુક્લિઓટાઇડ્સ છે. DNA અને RNA જેવા ન્યુક્લિઇક ઍસિડ માત્ર ન્યુક્લિઓટાઇડ ધરાવે છે. ન્યુક્લિઇક ઍસિડ જેવા કે DNA અને RNA આનુવંશિક દ્રવ્ય તરીકે કામ કરે છે.



આકૃતિ 9.1 : જીવંત પેશીઓમાં જોવા મળતા ઓછો અણુભાર ધરાવતા કાર્બનિક સંયોજનોનું રેખાંકન

9.2 પ્રાથમિક તેમજ દ્વિતીયક ચયાપચયકો (Primary and Secondary Metabolites)

જીવંત સજીવોના અસંખ્ય નાના-મોટા સંયોજનોનું અલગીકરણ તે રસાયણ વિજ્ઞાનનો કુતૂહલ પ્રેરક દૃષ્ટિકોણ છે. સજીવોની સંરચના નિર્ધારિત કરવામાં આવે છે અને શક્ય હોય તો તેને સંશ્લેષિત પણ કરવામાં આવે છે.

જો કોઈને જૈવઅણુઓની એક યાદી બનાવવી હોય તો તેમાં હજારો કાર્બનિક રસાયણો જેવા કે એમિનો ઍસિડ, શર્કરા વગેરેનો સમાવેશ કરી શકાય. આ કારણોથી તેને કોષ્ટક 9.3માં દર્શાવવામાં આવ્યા છે. આપણે આવા જૈવઅણુઓને ચયાપચયકો કહીએ છીએ. પ્રાણી પેશીઓમાં આવેલાં આ બધા જ સંયોજનોની કક્ષાઓને આકૃતિ 9.1માં દર્શાવેલ છે. તેને પ્રાથમિક ચયાપચયકો કહેવાય છે. જ્યારે કોઈ વનસ્પતિ, ફૂગ કે સૂક્ષ્મજીવોનો કોષ વગેરેનું વિશ્લેષણ કરીએ તો તેમાં આ પ્રાથમિક ચયાપચયકો સિવાયના હજારો રસાયણો જેવા કે, આલ્કલોઇડ, ફ્લેવોનોઇડ્સ, રબર, આવશ્યક તેલ, પ્રતિ જૈવિક દ્રવ્ય, રંગીન રંજકદ્રવ્ય, પરફ્યુમ, ગુંદર, મસાલા જોવા મળે છે. તેને આપણે **દ્વિતીયક ચયાપચયકો** કહીએ છીએ (કોષ્ટક 9.3) પ્રાથમિક ચયાપચયકો જ્ઞાત કાર્ય કરે છે અને દેહધાર્મિક ક્રિયાઓમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. પરંતુ આપણે આ સમયે બધા દ્વિતીયક ચયાપચયકોની ભૂમિકા કે કાર્યો નથી જાણતા પણ એમાંથી ઘણાં બધાં (જેવા કે રબર, ઔષધ, મસાલા, પરફ્યુમ અને રંજકદ્રવ્ય) મનુષ્યના કલ્યાણ માટે ઉપયોગી છે. કેટલાક દ્વિતીયક ચયાપચયકો આર્થિક અગત્યતા ધરાવે છે. આગળના પ્રકરણો તેમજ વર્ષોમાં તમે આનો વિસ્તૃત અભ્યાસ કરશો.

કોષ્ટક 9.3 કેટલાક દ્વિતીયક ચયાપચયકો

રંજકદ્રવ્યો	કેરોટિનોઇડ્સ, એન્થોસાઇનીન વગેરે.
આલ્કલોઇડ	મોર્ફિન, કોડિન વગેરે.
ટર્પેનોઇડ્સ	મોનોટર્પિન્સ, ડાયટર્પિન્સ વગેરે.
આવશ્યક તેલ	લેમન ગ્રાસ તેલ વગેરે.
ટોક્સિન	એબ્રિન, રિસીન.
લેક્ટિન્સ	કોનકેનેવેલીન-A
ડ્રગ્સ	વીન બ્લાસ્ટિન, કુરકુમીન વગેરે.
પોલિમર પદાર્થ	રબર, ગુંદર, સેલ્યુલોઝ વગેરે.

9.3 બૃહદ્ જૈવઅણુઓ (Biomacro Molecules)

ઍસિડદ્રાવ્ય ભાગમાં સમાવિષ્ટ થતા બધા જ રસાયણોની એક સામાન્ય વિશિષ્ટતા એ છે કે તેઓનો અણુભાર 18થી લગભગ 800 ડાલ્ટન (Da)ની આસપાસ હોય છે.

ઍસિડદ્રાવ્ય જૂથમાં માત્ર ચાર પ્રકારના કાર્બનિક સંયોજનો જેવા કે પ્રોટીન, ન્યુક્લિઇક ઍસિડ, પોલિસેકેરાઇડ્સ તેમજ લિપિડ જોવા મળે છે. લિપિડના અપવાદને બાદ કરતા આ શ્રેણીના સંયોજનોનો અણુભાર 10 હજાર ડાલ્ટન કે તેનાંથી વધુ હોય છે. આ કારણથી જૈવઅણુઓ એટલે કે સજીવોમાં જોવા મળતા રસાયણિક સંયોજનો બે પ્રકારનાં હોય છે. એક કે જેઓનો અણુભાર એક હજાર ડાલ્ટનથી ઓછો હોય છે તેને સામાન્ય રીતે સૂક્ષ્મઅણુ કે સૂક્ષ્મ જૈવઅણુ કહેવાય છે. જ્યારે જે ઍસિડ અદ્રાવ્ય જૂથમાં જોવા મળે છે તેઓને બૃહદ્ અણુ અથવા **બૃહદ્ જૈવઅણુ** કહેવામાં આવે છે.

લિપિડના અપવાદ સાથે અદ્રાવ્ય જૂથમાં જોવા મળતા અણુઓ પોલીમર પદાર્થો છે. તો શા માટે લિપિડ કે જેનો અણુભાર 800 Da પણ નથી તો પણ ઍસિડ અદ્રાવ્ય જૂથમાં અર્થાત્ બૃહદ્ (ઋણ) અણુઓ તરીકે સમાવેશ થાય છે ? વાસ્તવમાં લિપિડ્સ ઓછો અણુભાર ધરાવતાં સંયોજનો હોય છે તે એ જ સ્વરૂપમાં જોવા મળતા નથી પરંતુ કોષરસપટલ અને બીજા પટલોમાં તે જોવા મળે છે. જ્યારે આપણે પેશીઓને વાટીએ છીએ ત્યારે કોષીય સંરચના વિઘટન પામે છે. કોષરસપટલ અને અન્ય બીજા પટલોનાં ટુકડાં થઈ જાય છે તથા

પુટિકા બને છે જે પાણીમાં અદ્રાવ્ય હોય છે. આ કારણસર આ પટલો પુટિકા સ્વરૂપે ઍસિડ અદ્રાવ્ય જૂથમાં અલગ થઈ જાય છે, જે બૃહદ્ આણ્વીય અંશનો ભાગ હોય છે. સાચા અર્થમાં લિપિડ બૃહદ્ અણુ નથી.

ઍસિડ દ્રાવ્ય જૂથ લગભગ કોષરસીય દ્રવ્ય સંગઠનનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. કોષરસીય દ્રવ્ય અને અંગિકાઓના બૃહદ્ અણુ ઍસિડ અદ્રાવ્ય જૂથ હોય છે. આ બંને એકબીજા સાથે મળીને જીવંત પેશી અથવા સજીવોનું રાસાયણિક સંગઠન બનાવે છે.

સંક્ષિપ્તમાં જો જીવંત પેશીઓમાં પ્રાપ્ત થતા રાસાયણિક સંગઠનને વિપુલ માત્રાની દૃષ્ટિએ શ્રેણીબદ્ધ કરવામાં આવે તો આપણને જોવા મળે કે સજીવોમાં પાણી સૌથી વધારે માત્રામાં પ્રાપ્ત થતું રસાયણ છે. (કોષ્ટક 9.4).

9.4 પ્રોટીન્સ (Proteins)

પ્રોટીન એ પોલિપેપ્ટાઇડ્સ હોય છે. તે એમિનો ઍસિડની રેખીય શૃંખલાઓ છે જે પેપ્ટાઇડ બંધ વડે જોડાયેલ હોય છે. (આકૃતિ 9.3માં બતાવ્યા મુજબ).

પ્રત્યેક પ્રોટીન એમિનો ઍસિડનો પોલિમર છે. એમિનો ઍસિડ 20 પ્રકારના જેવા કે (ઉ. દા., એલેનીન, સીસ્ટિન, પ્રોલીન, ટ્રિપ્ટોફેન, લાઇસીન વગેરે) હોય છે. પ્રોટીન સમપોલિમર નહીં પરંતુ વિષમ પોલિમર હોય છે. સમપોલિમરમાં એક જ મોનોમરનું ઘણી બધી વાર ‘n’ના ગુણાંકમાં પુનરાવર્તન થયેલું હોય છે. એમિનો ઍસિડ્સ વિશે આ જાણકારી ખૂબ જ મહત્ત્વપૂર્ણ છે જેમ કે પછીથી પોષણના પ્રકરણમાં તમે અભ્યાસ કરશો કે કેટલાક એમિનો ઍસિડ્સ સ્વાસ્થ્ય માટે આવશ્યક હોય છે જેની પૂર્તતા ખોરાક દ્વારા થાય છે. આ રીતે આહારી પ્રોટીન આ આવશ્યક એમિનો ઍસિડ્સ માટેનો મુખ્ય સ્રોત છે. આ પ્રકારે એમિનો ઍસિડ આવશ્યક કે બિનઆવશ્યક હોઈ શકે છે. બિનઆવશ્યક એ હોય છે કે જે આપણા શરીરમાં બને છે. જ્યારે આપણે આવશ્યક એમિનો ઍસિડ્સની પૂર્તતા આપણા ખાદ્ય પદાર્થોથી કરીએ છીએ. સજીવોમાં પ્રોટીન ઘણાં બધાં કાર્યો કરે છે, જેવા કે કોષરસપટલમાંથી પોષક દ્રવ્યોની અવરજવર કરાવવી, કેટલાક સંક્રમિત સૂક્ષ્મજીવોથી રક્ષણ આપે છે, કેટલાક અંતઃસ્રાવ સ્વરૂપે હોય છે અને કેટલાક ઉત્સેચક સ્વરૂપે હોય છે. (કોષ્ટક 9.5). પ્રાણી સૃષ્ટિમાં કૉલેજન એ મુખ્ય પ્રભાવી

કોષ્ટક 9.4 : કોષોનું સરેરાશ બંધારણ

ઘટક	કુલ કોષીયભારના પ્રતિશત પ્રમાણ (%)
પાણી	70-90
પ્રોટીન્સ	10-15
કાર્બોદિત	3
લિપિડ્સ	2
ન્યુક્લિઈક ઍસિડ્સ	5-7
આયનો	1

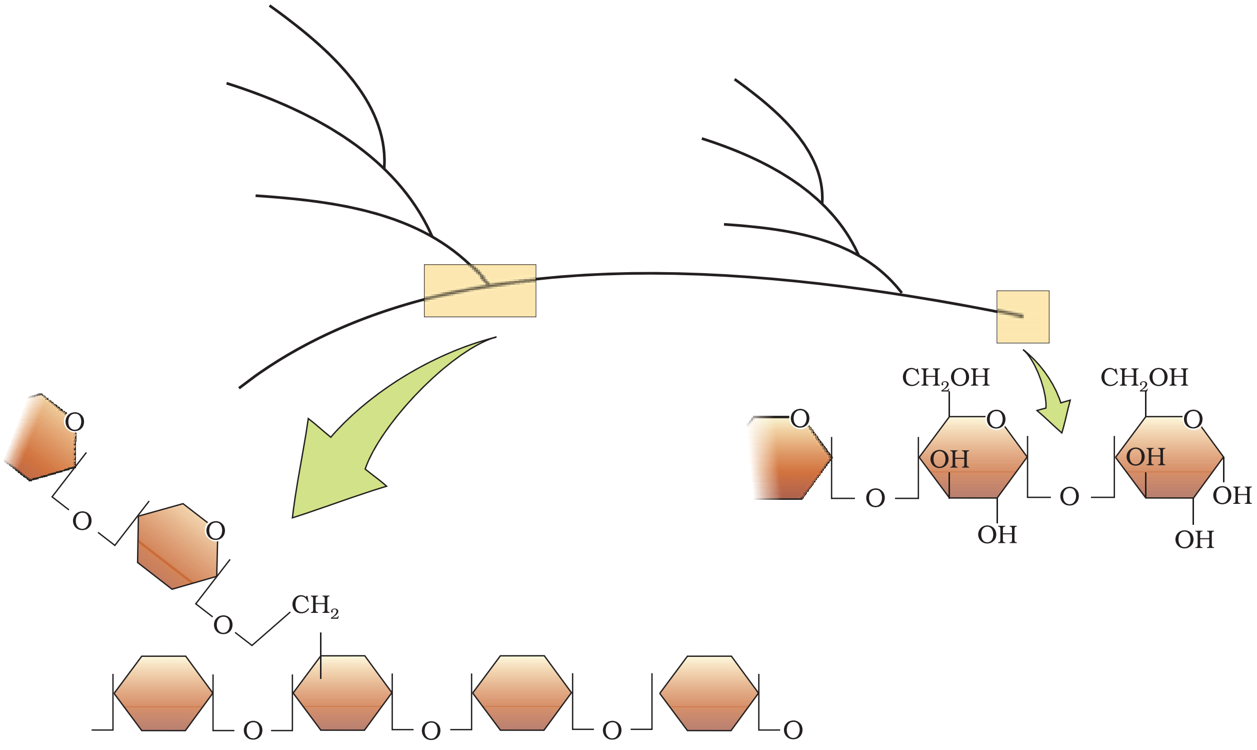
કોષ્ટક 9.5 : કેટલાક પ્રોટીન્સ અને તેનાં કાર્યો

પ્રોટીન	કાર્યો
કૉલેજન	આંતરકોષીય આધારક પદાર્થ
ટ્રિપ્સીન	ઉત્સેચક
ઈન્સ્યુલિન	અંતઃસ્રાવ
એન્ટિબૉડી	રોગકારકો સામે લડત
રિસેપ્ટર (ગ્રાહી)	સંવેદનાગ્રાહી (ઘ્રાણ, સ્વાદ, અંતઃસ્રાવ વગેરે.)
GLUT-4	ગ્લુકોઝનું કોષોમાં વહન

પ્રોટીન છે અને સમગ્ર જીવાવરણમાં રિબ્યુલોઝ બાયફૉસ્ફેટ કાર્બોક્ઝાયલેઝ ઑક્સિજીનેઝ (RuBisCo) એ મુખ્ય પ્રભાવી પ્રોટીન છે.

9.5 પોલિસેકેરાઈડ્સ (Polysaccharides)

ઍસિડ અદ્રાવ્ય જૂથમાં બૃહદ્ અણુઓની જેમ પોલિસેકેરાઈડ્સ (કાર્બોદિત) પણ અન્ય જૂથ સ્વરૂપે જોવા મળે છે. આ પોલિસેકેરાઈડ્સ શર્કરાની લાંબી શૃંખલા હોય છે. તેઓ પાયાના ઘટક તરીકે આવેલા વિવિધ મોનોસેકેરાઈડ્સ ધરાવતી રેસામય રચના (કપાસના રેસા) છે. ઉદાહરણ તરીકે સેલ્યુલોઝ એક બહુલક પોલિસેકેરાઈડ છે જે એક જ પ્રકારના મોનોસેકેરાઈડ્સ જેવા કે ગ્લુકોઝમાંથી બને છે. સેલ્યુલોઝ એક સમપોલિમર છે. એક રૂપાંતરિત સ્વરૂપ સ્ટાર્ચ (મંડકણ) સેલ્યુલોઝથી જુદુ હોય છે. પરંતુ એ વનસ્પતિ પેશીઓમાં ઊર્જા ભંડાર સ્વરૂપે સંગ્રહિત હોય છે. પ્રાણીઓમાં એક અન્ય રૂપાંતરિત સ્વરૂપ હોય છે જેને ગ્લાયકોજન કહેવાય છે. ઈન્યુલીન ફ્રુક્ટોઝનો પોલિમર છે. એક પોલિસેકેરાઈડ શૃંખલા(જેમ કે ગ્લાયકોજન)ના જમણા છેડાને રિડ્યુસીંગ જ્યારે ડાબા છેડાને નોન રિડ્યુસીંગ કહેવાય છે. જે શાખાયુક્ત હોય છે અને કાર્ટુન જેવી રચના દેખાય છે. (આકૃતિ 9.2). સ્ટાર્ચ કુંતલાકાર દ્વિતીયક સંરચના બનાવે છે. વાસ્તવમાં સ્ટાર્ચ આયોડિન (I_2) અણુને કુંતલીય ભાગથી જોડાયેલા રાખી શકે છે. સ્ટાર્ચ-આયોડિન સાથે જોડાવાથી ભૂરો રંગ આપે છે. સેલ્યુલોઝમાં ઉપરોક્ત જટિલ કુંતલો જોવા મળતા નથી. જેના કારણે તે આયોડિન સાથે જોડાઈ શકતો નથી.



(ગ્લાયકોજનની રચના)

આકૃતિ 9.2 : ગ્લાયકોજનના ભાગનું આકૃતિમય નિરૂપણ

વનસ્પતિ કોષદીવાલ સેલ્યુલોઝની બનેલ હોય છે. વનસ્પતિની લૂગદીથી બનેલ કાગળ તેમજ રૂના રેશા સેલ્યુલોઝ છે. કુદરતમાં ઘણા બધા જટિલ પોલિસેકેરાઇડ્સ જોવા મળે છે. તે એમિનો શર્કરા તેમજ રાસાયણિક સ્વરૂપથી પરિવર્તિત શર્કરા(જેવી કે ગ્લુકોઝ એમાઇન, N-એસિટાઇલ ગેલેક્ટોઝ એમાઇન વગેરે)થી જોડાઈને બને છે. સંધિપાદીઓના બાહ્ય-કંકાલ જટિલ પોલિસેકેરાઇડ કાઇટીનના બનેલા હોય છે. આ જટિલ પોલિસેકેરાઇડ્સ મુખ્યત્વે વિષમપોલિમર હોય છે.

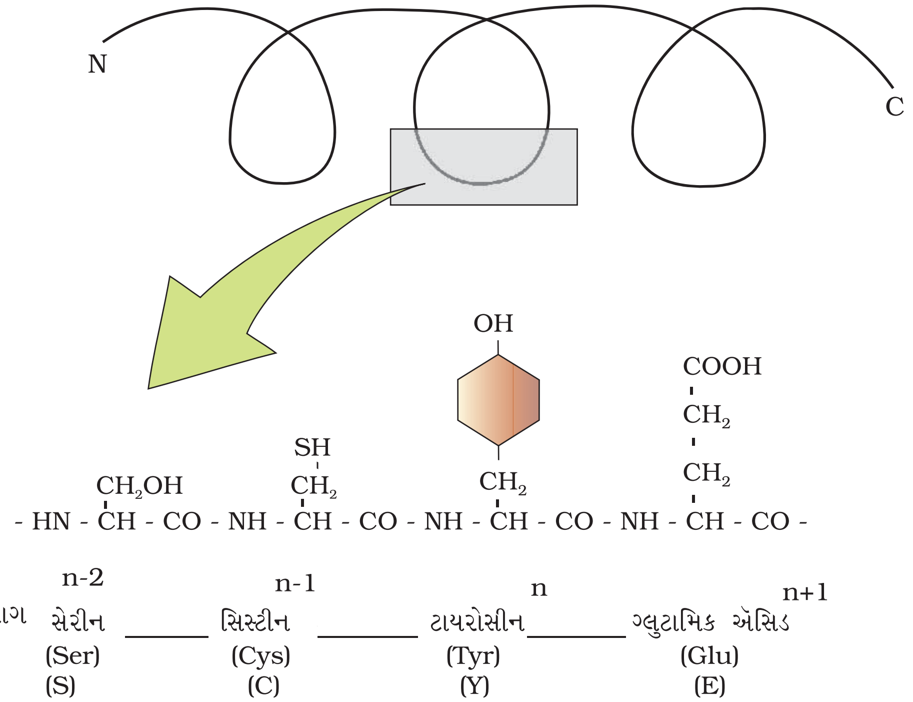
9.6 ન્યુક્લિઈક ઍસિડ્સ (Nucleic Acids)

કોઈ પણ જીવંત પેશીના ઍસિડ અદ્રાવ્ય ભાગમાં જોવા મળતો અન્ય પ્રકારનો બૃહદ્ અણુ ન્યુક્લિઈક ઍસિડ છે. આ પોલિન્યુક્લિઓટાઈડ છે. જે પોલિસેકેરાઇડ્સ અને પોલિપેપ્ટાઇડ્સ સાથે જોડાઈને કોઈ પણ જીવંત પેશી કે કોષના વાસ્તવિક બૃહદ્ અણુનો ભાગ બનાવે છે. ન્યુક્લિઈક ઍસિડ ન્યુક્લિઓટાઇડના જોડાવાથી બને છે. એક ન્યુક્લિઓટાઇડ ત્રણ ભિન્ન પ્રકારના રાસાયણિક ઘટકોના જોડાવાથી બને છે. જેમાં પ્રથમ ઘટક વિષમચક્રીય સંયોજન, બીજો ઘટક મોનોસેકેરાઇડ અને ત્રીજો ઘટક ફૉસ્ફોરિક ઍસિડ અથવા ફૉસ્ફેટ હોય છે.

જો તમે આકૃતિ 9.1ને ધ્યાનથી જુઓ તો જોવા મળશે કે ન્યુક્લિઈક ઍસિડમાં આવેલ વિષમચક્રીય સંયોજન નાઇટ્રોજન બેઇઝ જેવા કે એડેનીન, ગ્વાનીન, યુરેસિલ, સાઇટોસીન તેમજ થાયમીન હોય છે. એડેનીન અને ગ્વાનીન વિસ્થાપિત પ્યુરીન છે. જ્યારે બાકીના પ્રતિસ્થાપિત પિરિમિડીન છે. વિષમચક્રીય રીંગને પ્યુરીન અને પિરિમિડીન કહે છે. પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ્સમાં જોવા મળતી શર્કરા રિબોઝ (મોનોસેકેરાઇડ પેન્ટોઝ) અથવા 2-ડિઑક્સિરિબોઝ હોય છે. જે ન્યુક્લિઈક ઍસિડમાં ડિઑક્સિરિબોઝ જોવા મળે છે તેને ડિઑક્સિરિબો-ન્યુક્લિઈક ઍસિડ (DNA) જ્યારે જેમાં રિબોઝ જોવા મળે છે. તેને રિબોન્યુક્લિઈક ઍસિડ (RNA) કહેવાય છે.

9.7 પ્રોટીનની સંરચના (Structure of Proteins)

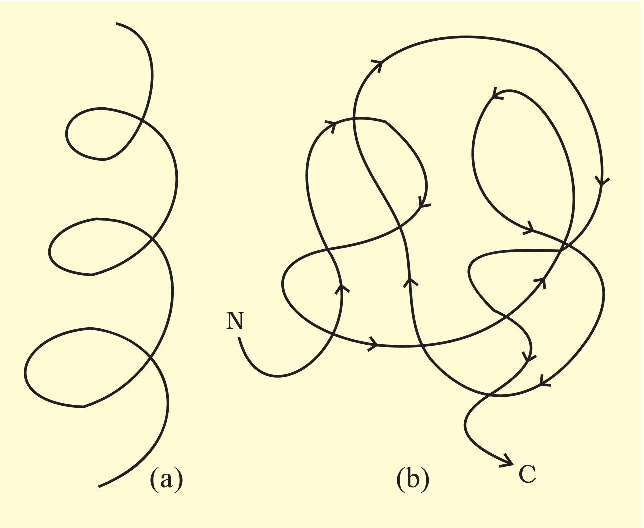
જેમ કે આગળ બતાવ્યા મુજબ પ્રોટીન વિષમ પોલિમર હોય છે જે એમિનો ઍસિડની શૃંખલાઓથી બનેલ હોય છે. અણુઓની સંરચનાનો અર્થ જુદા જુદા સંદર્ભમાં જુદો જુદો હોય છે. અકાર્બનિક રસાયણશાસ્ત્રમાં સંરચનાનો સંબંધ આણ્વિક સૂત્ર સાથે હોય છે. (જેમ કે NaCl, $MgCl_2$ વગેરે.) કાર્બનિક રસાયણો અણુઓની દ્વિપારિમાણિક સંરચના (જેમ કે બેન્ઝિન, નેપ્થેલીન વગેરે.)ને હંમેશાં રજૂ કરે છે. ભૌતિક વૈજ્ઞાનિક આણ્વિક સંરચનાને ત્રિ-પારિમાણિક દૃશ્યને જ્યારે જીવવિજ્ઞાનીક પ્રોટીનની સંરચના ચાર સ્તરીય વ્યક્ત કરે છે. એમિનો ઍસિડનો ક્રમ એટલે કે, પ્રોટીનમાં તેના સ્થાન વિશેની માહિતી - કયો પ્રથમ એમિનો ઍસિડ છે, કયો દ્વિતીય એમિનો ઍસિડ છે, વગેરે તે પ્રોટીનની **પ્રાથમિક રચના** કહે છે. (આકૃતિ 9.3). કલ્પના કરો કે પ્રોટીન એક રેખા સ્વરૂપે છે તો તેના ડાબા છેડા પર પ્રથમ એમિનો ઍસિડ અને જમણા છેડા પર અંતિમ એમિનો ઍસિડ જોવા મળે છે. પ્રથમ એમિનો ઍસિડના છેડાને N-ટર્મિનલ એમિનો ઍસિડ જ્યારે અંતિમ એમિનો ઍસિડના છેડાને



આકૃતિ 9.3 : સંકલ્પિત પ્રોટીનના અંશની પ્રાથમિક સંરચના N અને C પ્રોટીનના છેડાને પ્રદર્શિત કરે છે. એક અક્ષરીય સંકેત અને એમિનો ઍસિડના ત્રિ-અક્ષરીય સંક્ષેપણને બતાવવામાં આવ્યું છે.

C-ટર્મિનલ એમિનો ઍસિડ કહે છે. પ્રોટીન તંતુ ફેલાયેલ દૃઢ દંડ જેવી રચના નથી હોતી પરંતુ તેનો તંતુ કુંતલની જેમ વળેલો હોય છે. (ફરતી રહેતી નિસરણીની માફક) વાસ્તવમાં પ્રોટીન તંતુ કેટલાકમાં કુંતલ સ્વરૂપમાં ગોઠવાયેલા હોય છે. પ્રોટીનમાં માત્ર જમણુંભ્રમણ કુંતલો જોવા મળે છે. અન્ય જગ્યાઓ પર પ્રોટીનનો તંતુ અન્ય સ્વરૂપમાં વીંટળાયેલી હોય છે તેને **દ્વિતીયક સંરચના** કહે છે. તે ઉપરાંત પ્રોટીનની લાંબી શૃંખલા તેના ઉપર જ પોલા ઊનના પોલા દડાની માફક વીંટળાયેલી હોય તો તેને **તૃતીયક સંરચના** કહે છે. (આકૃતિ 9.4 (a), (b)). તે પ્રોટીનના ત્રિ-પરિમાણ સ્વરૂપને પ્રદર્શિત કરે છે. તૃતીય સંરચના પ્રોટીનની જૈવિક પ્રક્રિયાઓ માટે ચોક્કસ સ્વરૂપે આવશ્યક હોય છે.

કેટલાક પ્રોટીન એક કે તેથી વધુ પોલિપેપ્ટાઇડ્સ કે તેમના પેટા એકમોનો સમૂહ હોય છે. જે પ્રકારે પ્રત્યેક પોલિપેપ્ટાઇડ્સ કે પેટા એકમો એકબીજાની સાપેક્ષ ગોઠવાયેલ હોય છે. (ઉદા., ગોળાની બનેલ સીધી રેખા, ગોળ- (દડા)ઓ એકબીજા પર ગોઠવાઈને સમઘન કે પટ્ટિકા જેવી સંરચના વગેરે.) તે પ્રોટીનના સ્થાપત્યને પ્રદર્શિત કરે છે. જેને પ્રોટીનની



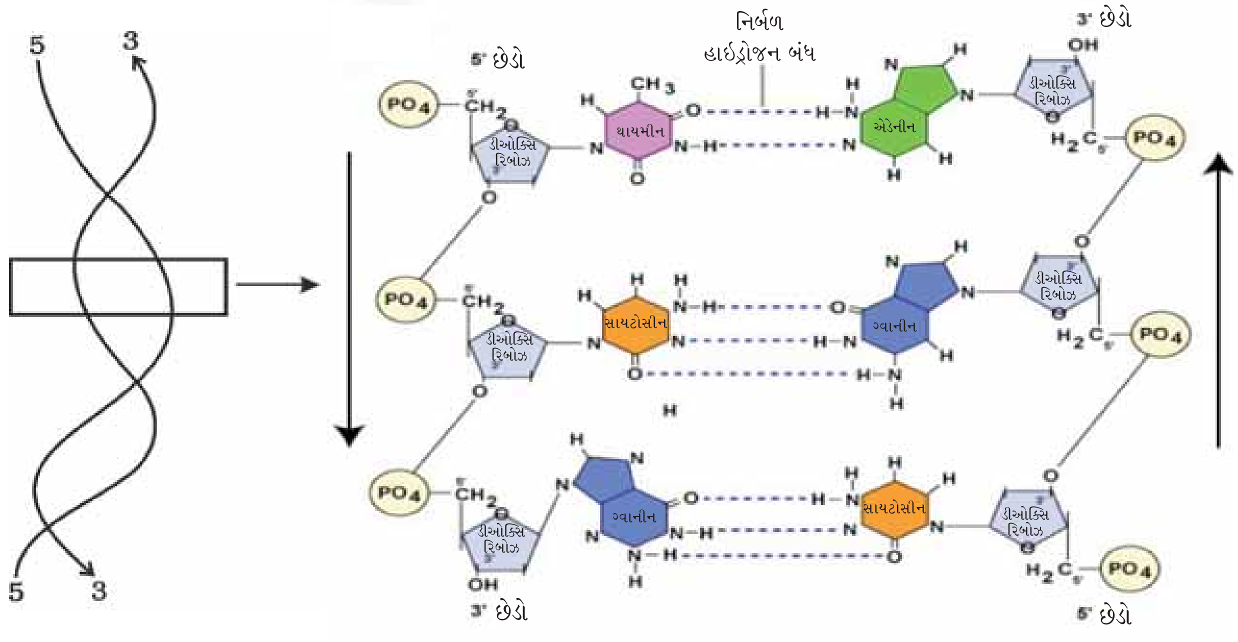
આકૃતિ 9.4 : આકૃતિ (a) પ્રોટીનની દ્વિતીયક સંરચના અને (b) પ્રોટીનની તૃતીયક સંરચના

ચતુર્થક સંરચના કહે છે. પુખ્ત મનુષ્યમાં હિમોગ્લોબીન ચાર પેટા ખંડોનો બનેલ હોય છે. તેમાંથી બે એકબીજાને સમાન હોય છે. આથી બે પેટા એકમ α અને બે પેટા એકમ β પ્રકારના હોય છે. જે એકબીજા સાથે જોડાઈને મનુષ્યનું હિમોગ્લોબીન (Hb) બનાવે છે.

9.8 પોલિમરમાં મોનોમરને જોડતા બંધોનાં પ્રકાર (Nature of bond linking monomers in a polymer)

કોઈ પણ પોલિપેપ્ટાઇડ કે પ્રોટીનમાં એમિનો ઍસિડ્સ **પેપ્ટાઇડ બંધ** વડે જોડાયેલા હોય છે જે એક એમિનો ઍસિડના કાર્બોક્સિલ (–COOH) સમૂહ અને તેના પછીના બીજા એમિનો ઍસિડના એમિનો ($-NH_2$) સમૂહ વચ્ચે પાણીના અણુના નીકળવાથી જોડાય છે. (આ પ્રક્રિયાને નિર્જલીકરણ કહે છે). એક પોલિસેકેરાઇડમાં મોનોસેકેરાઇડ્સ **ગ્લાયકોસિડિક બંધ**થી જોડાયેલા હોય છે. આ બંધ પણ નિર્જલીકરણ ક્રિયા વડે રચાય છે. આ બંધ પાસ પાસેના બે મોનોસેકેરાઇડ્સના કાર્બન પરમાણુઓ વચ્ચે રચાય છે. ન્યુક્લિઇક ઍસિડમાં એક ન્યુક્લિઓટાઇડના એક શર્કરાના 3'-કાર્બન અને તેના પછીની ન્યુક્લિઓટાઇડના શર્કરાના 5'-કાર્બનના ફૉસ્ફેટ સમૂહ વચ્ચે રચાય છે. ફૉસ્ફેટ તેમજ શર્કરાના હાઇડ્રોક્સિલ સમૂહની વચ્ચેનો આ બંધ એસ્ટર બંધ હોય છે. એસ્ટર બંધ બન્ને બાજુ રચાતો હોવાથી તેને ફૉસ્ફોડાયએસ્ટર બંધ કહે છે. (આકૃતિ 9.5).

ન્યુક્લિઇક ઍસિડ જુદા જુદા પ્રકારની દ્વિતીયક સંરચના વડે પ્રદર્શિત થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે વોટ્સન ક્રિકનું પ્રખ્યાત મૉડલ DNAની દ્વિતીયક સંરચનાને પ્રદર્શિત કરે છે. આ મૉડલથી સ્પષ્ટ થાય છે કે DNA એક બેવડી કુંતલમય રચના સ્વરૂપ જોવા મળે છે. પોલિન્યુક્લિઓટાઇડની બંને શૃંખલાઓ એકબીજાને પ્રતિસમાંતર હોય છે. એટલે કે એકબીજાની વિરુદ્ધ દિશાઓમાં હોય છે. તેની મુખ્ય ધરી શર્કરા-ફૉસ્ફેટ-શર્કરા શૃંખલાથી બનેલ હોય છે. નાઇટ્રોજન બેઇઝ ઓછેવત્તા અંશે મુખ્ય ભાગને લંબ અક્ષે પણ અંદરની



આકૃતિ 9.5 : DNAનું દ્વિતિય બંધારણ પ્રદર્શિત કરતું ચિત્ર

તરફ એક શૃંખલાના A અને G બેઇઝ બીજી શૃંખલાના T અને C બેઇઝ સાથે પૂરક જોડીઓ બનાવે છે. A અને T વચ્ચે બે હાઇડ્રોજન બંધ જ્યારે G અને C વચ્ચે ત્રણ હાઇડ્રોજન બંધ રચાયેલા હોય છે. પ્રત્યેક શૃંખલા એક કુંતલીય નિસરણી જેવી દેખાય છે. કુંતલના પ્રત્યેક પગથિયાં બેઇઝ જોડીના બનેલા હોય છે. કુંતલના પ્રત્યેક પગથિયાં બીજા પગથિયાંથી 36^0ના ખૂણા પર વળેલા હોય છે. કુંતલ શૃંખલાના એક પૂર્ણ કુંતલમાં દસ પગથિયાં એટલે કે દસ નાઇટ્રોજન બેઇઝ જોડ આવેલ છે. આ રીતે તમે DNAનું રેખાચિત્ર બનાવવાનો પ્રયત્ન કરી શકો છો એક પૂર્ણ કુંતલની લંબાઈ 34 A° હોય છે, જ્યારે બે પાસ-પાસેના બેઇઝ જોડીની વચ્ચેનું અંતર 3.4 A° હોય છે. ઉપરોક્ત વર્ણવેલ વિશિષ્ટ DNAને B-DNA કહેવાય છે. ઉપલા ધોરણમાં તમને બતાવવામાં આવશે કે એક ડઝનથી પણ વધારે DNAના સ્વરૂપો હોય છે, જેનું નામકરણ સંરચનાત્મક વિશેષતાના આધારે અંગ્રેજી આલ્ફાબેટ અક્ષરો આધારે કરવામાં આવેલ છે.

9.9 શરીર ઘટકોની ગતિક અવસ્થા ચયાપચયની સંકલ્પના (Dynamic state of body constituents – concept of metabolism)

આપણે અત્યાર સુધી જે અભ્યાસ કર્યો છે તેના અનુસંધાનમાં સજીવ પછી તે સાધારણ બૅક્ટેરિયલ કોષ હોય, પ્રજીવ, વનસ્પતિ કે પ્રાણી હોય આ બધા હજારો કાર્બનિક રસાયણોથી બનેલા હોય છે. આ રસાયણો કે જૈવઅણુઓ એક નિશ્ચિત સાંદ્રતામાં જોવા મળે છે. (તેને મોલ્સ/કોષ અથવા મોલ્સ/લિટર સ્વરૂપે રજૂ થાય છે). સંશોધન દ્વારા એક મુખ્ય જાણકારી પ્રાપ્ત થઈ તે અનુસાર જૈવઅણુઓમાં **અદલા-બદલી** થતી રહે છે. એનો અર્થ એ થાય છે કે તે સતત બીજા નવા જૈવઅણુઓમાં પરિવર્તિત થતા રહે છે અને બીજા જૈવઅણુઓના જોડાવાથી બનતા રહે છે. સજીવોમાં આ નિર્માણ અને વિખંડન રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા સતત થયા કરે છે. આ બધી જ રાસાયણિક ક્રિયાઓને **ચયાપચય** કહે છે. બધી ચયાપચયિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા જૈવઅણુઓનું રૂપાંતરણ થતું રહે છે. કેટલાક ચયાપચયિક રૂપાંતરણના ઉદાહરણ જેમ કે એમિનો ઍસિડમાંથી CO_2ના દૂર થયા બાદ એમિનો ઍસિડનું એમાઇનમાં રૂપાંતર થવું; ન્યુક્લિઓટાઇડના બંધારણીય ઘટકોમાંથી એમિનો સમૂહનું દૂર થવું, ડાયસેકેરાઇડ્સમાંથી ગ્લાયકોસિડિક બંધનું હાઇડ્રોલિસીસ થવું વગેરે. આ પ્રકારે હજારો ઉદાહરણનું લિસ્ટ બનાવી શકાય. મુખ્યત્વે આ ચયાપચયિક પ્રક્રિયાઓ એકલી થતી નથી પરંતુ હંમેશાં અન્ય બીજી પ્રક્રિયાઓથી તે જોડાયેલ હોય છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ચયાપચયકોનું એકબીજામાં પરિવર્તન એકબીજા સાથે જોડાયેલ પ્રક્રિયાઓની શૃંખલાઓ દ્વારા થાય છે. જેને ચયાપચય પથ કહે છે. આ ચયાપચય પથ શહેરના વાહનવ્યવહારના ટ્રાફિક વ્યવસ્થા જેવો હોય છે. આ પથ કાં તો રેખીય અથવા વર્તુળાકાર હોય છે. આ પથ એકબીજાથી આડા-અવળા વાહનવ્યવહારના સંગમ જેવો દેખાય છે. ચયાપચયકો વાહનવ્યવહારના ટ્રાફિક જેવા એક નિશ્ચિત વેગે અને દિશામાં ચયાપચય પથ પર ગતિ કરે છે. આ ચયાપચયકોનાં વહનને શરીર ઘટકોની ગતિક અવસ્થા કહે છે. સૌથી મહત્ત્વનું એ છે કે એકબીજાથી જોડાયેલ આ ચયાપચયિક ટ્રાફિક અત્યંત સરળ ગતિ દ્વારા કોઈ પણ દુર્ઘટના વગર સ્વસ્થ અવસ્થા બનાવી રાખવા માટે હોય છે. આ ચયાપચયિક પ્રક્રિયાઓની બીજી વિશિષ્ટતા એ છે કે તેઓની પ્રત્યેક રાસાયણિક ક્રિયા **ઉત્પ્રેરિત પ્રક્રિયાઓ** છે. જીવનતંત્રમાં કોઈ પણ ચયાપચયિક રૂપાંતરણ ઉત્પ્રેરક વગર પૂર્ણ થતું નથી. CO_2નું પાણીમાં ઓગળવું એ એક ભૌતિક પ્રક્રિયા છે. ઉત્પ્રેરક કે જે કોઈ પણ ચયાપચયિક રૂપાંતરણની ગતિ વધારે છે તે પણ એક પ્રોટીન હોય છે. એવા પ્રોટીન કે જેમાં ઉત્પ્રેરણ(ઉદ્દીપન)ની ક્ષમતા હોય છે તેને **ઉત્સેચક** કહેવાય છે.

9.10 જીવનનો ચયાપચયિક આધાર (Metabolic basis for living)

ચયાપચય પથ દ્વારા સામાન્ય ઘટકોમાંથી જટિલ ઘટકો (જેવા કે ઍસિટિક ઍસિડમાંથી કોલેસ્ટેરોલનું બનવું). તેમજ જટિલ પદાર્થોમાંથી સરળ પદાર્થો(જેવા કે કંકાલ સ્નાયુમાં ગ્લુકોઝમાંથી લેક્ટિક ઍસિડ)નું નિર્માણ થતું રહે છે. પ્રથમ પ્રકારની પ્રક્રિયાને જૈવ સંશ્લેષણ પથ કે **ચય પથ** કહે છે. બીજી પ્રક્રિયામાં વિખંડન થતુ હોવાથી તેને **અપચય પથ** કહે છે. ચય પથમાં શક્તિ વપરાય છે. એમિનો ઍસિડમાંથી પ્રોટીનના નિર્માણમાં શક્તિની આવશ્યકતા રહે છે. જ્યારે બીજી તરફ અપચય પથ દ્વારા શક્તિ મુક્ત થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે જ્યારે કંકાલ સ્નાયુમાં જ્યારે ગ્લુકોઝ લેક્ટિક ઍસિડમાં વિઘટિત થાય છે ત્યારે શક્તિ મુક્ત થાય છે. આ ચયાપચય પથ જેના દ્વારા ગ્લુકોઝમાંથી લેક્ટિક ઍસિડનું નિર્માણ થાય છે, તે 10 ચયાપચયિક ચરણોમાં પૂર્ણ થાય છે, જેને ગ્લાયકોલિસીસ કહે છે. સજીવોમાં પોષક દ્રવ્યોના અવનત થવાથી મુક્ત થતી આ શક્તિ રાસાયણિક બંધના સ્વરૂપે સંચિત થયેલી હોય છે. આ બંધ શક્તિ જ્યારે અને જ્યાં આવશ્યક સજીવતંત્રોમાં શક્તિ (ઊર્જા) ચલણનું મહત્ત્વપૂર્ણ સ્વરૂપ રાસાયણિક બંધના સ્વરૂપે રહેલી શક્તિ છે. જેને **એડિનોસાઈન ટ્રાય ફૉસ્ફેટ (ATP)** કહે છે.

સજીવો તેમની શક્તિ કેવી રીતે પ્રાપ્ત કરે છે ? તેમાં કયા પ્રકારની યોજના વિકાસ પામી તેઓ કયા સ્વરૂપે અને કેવી રીતે આ શક્તિનો સંચય કરે છે ? તેઓ શક્તિને કાર્યમાં કેવી રીતે ફેરવે છે ? તમે આ બધી જ બાબતોને ઉપલા ધોરણમાં એક નવી શાખામાં અભ્યાસ કરશો જેને ''જૈવ શક્તિ વિજ્ઞાન'' કહે છે.

9.11 જીવંત અવસ્થા (The Living State)

આ સ્તરે તમે સમજી ગયા હશો કે સજીવોમાં તેમની જરૂરિયાત અનુસાર એક નિશ્ચિત સાંદ્રતામાં હજારો રાસાયણિક સંયોજનો જોવા મળે છે. જેને ચયાપચયકો કે જૈવઅણુઓ કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે સામાન્ય સ્વસ્થ વ્યક્તિના રૂધિરમાં શર્કરાની માત્રા 4.5 થી 5.0 મિલિમોલ (mM) જ્યારે અંતઃસ્રાવની માત્રા નેનોગ્રામ પ્રતિ મિલિલિટર હોય છે. સૌથી મહત્ત્વનું તથ્ય એ છે કે જૈવિક તંત્રમાં બધા સજીવ એક સ્થિર અવસ્થામાં જોવા મળે છે, જેમાં બધા જૈવઅણુઓની એક નિશ્ચિત માત્રા હોય છે. તે જૈવઅણુ એક ચયાપચયિક પ્રવાહમાં હોય છે. કોઈ પણ રાસાયણિક કે ભૌતિક પ્રક્રિયા સ્વતઃ સંતુલન પ્રાપ્ત કરે છે. સ્થિર અવસ્થા એ અસંતુલિત હોય છે. ભૌતિક સિદ્ધાંતના અનુસાર કોઈ પણ તંત્ર સંતુલનમાં કાર્ય કરી શકતું નથી, જેમ કે સજીવ હંમેશાં કાર્ય કરે છે. તેમનામાં ક્યારે પણ સંતુલનની સ્થિતિ હોઈ શકતી નથી. **અર્થાત્ જીવંત અવસ્થા એક અસંતુલિત સ્થાયી અવસ્થા હોય છે. જેનાથી કાર્ય કરી શકે છે.** જૈવિક પ્રક્રિયા સતત એવો પ્રયત્ન છે જેમાં સંતુલનથી બચી શકાય તે માટે હંમેશાં શક્તિની આવશ્યકતા રહે છે. ચયાપચય એ એવી પ્રક્રિયા છે જેમાં શક્તિ પ્રાપ્ત થાય છે. એટલે કે જીવંત અવસ્થા કે ચયાપચય એક બીજાના પર્યાયવાચી હોય છે. ચયાપચય વગર જીવંત અવસ્થા પ્રાપ્ત ન થઈ શકે.

9.12 ઉત્સેચકો (Enzymes)

લગભગ તમામ ઉત્સેચકો પ્રોટીન હોય છે. કેટલાક ન્યુક્લિઇક ઍસિડ ઉત્સેચકની જેમ વર્તે છે તેને રિબોઝાઈમ્સ કહે છે. કોઈ પણ ઉત્સેચકને રેખીય ચિત્ર દ્વારા રજૂ કરી શકાય છે. ઉત્સેચકમાં પણ પ્રોટીન જેવી પ્રાથમિક સંરચના જોવા મળે છે. જે એમિનો ઍસિડની શૃંખલાથી બનેલ હોય છે. પ્રોટીનની જેમ ઉત્સેચકમાં પણ દ્વિતીયક અને તૃતીયક સંરચના જોવા મળે છે. જ્યારે તમે તૃતીય સંરચના(આકૃતિ 9.4 b)ને જોશો તો ખ્યાલ આવશે કે પ્રોટીન શૃંખલાનો મુખ્ય (આધાર) ભાગ તેની ઉપર સ્વયં કુંતલિત થયેલો હોય છે અને શૃંખલા સ્વયં આડી-અવળી ગોઠવાયેલ હોય છે, જેથી ઘણા બધા ખાંચા કે ગુહા બની શકે છે આવી વિશિષ્ટ ગુહાને સક્રિય સ્થાન કહે છે. ઉત્સેચકના સક્રિય સ્થાન કે જે ખાંચા કે ગુહા સ્વરૂપે છે તેમાં પ્રક્રિયક આવીને ગોઠવાય છે. આ પ્રકારે ઉત્સેચક સક્રિય સ્થાન દ્વારા પ્રક્રિયાઓને ઊંચા દરે ઉત્પ્રેરિત કરે છે. ઉત્સેચક ઉત્પ્રેરક અકાર્બનિક ઉત્પ્રેરક કરતાં ઘણા બધા પ્રકારે જુદાં પડે છે. પરંતુ એક મહત્ત્વનો ભેદ રજૂ કરવો જરૂરી છે. અકાર્બનિક ઉત્પ્રેરક ઊંચા તાપમાન અને દબાણ પર કુશળતાપૂર્વક કામ કરે છે. જ્યારે ઉત્સેચકો ઊંચા તાપમાન (40° થી વધારે) પર ક્ષતિગ્રસ્ત થઈ જાય છે. સામાન્ય રીતે ઊંચા તાપમાને (જેમ કે ગરમ કુંડ કે સલ્ફરનાં ઝરણામાં) જોવા મળતા સજીવોમાંથી મેળવવામાં આવતા ઉત્સેચકો સ્થિર હોય છે અને તેમની ઉત્પ્રેરક શક્તિ ઊંચા તાપમાને (80^oC થી 90^oC સુધી) પણ સ્થિર રહે છે. ઉપરના ઉત્સેચકો જે થર્મોફિલિક (ઉષ્માનુરાગી) સજીવોમાંથી અલગ તારવવામાં આવ્યા છે તે ઊષ્મા સ્થાયી હોય છે તે તેની વિશિષ્ટતા છે.

9.12.1 રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ (Chemical Reactions)

ઉત્સેચક શું છે ? તેના પહેલા એ સમજી લેવું જરૂરી છે કે રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ શું છે ? રાસાયણિક સંયોજનોમાં બે પ્રકારના પરિવર્તન હોય છે. એક ભૌતિક પરિવર્તન જેમાં બંધના તૂટ્યા વગર સંયોજનના આકારમાં રૂપાંતરણ થાય છે. અન્ય ભૌતિક પ્રક્રિયામાં દ્રવ્યની અવસ્થામાં પરિવર્તન થાય છે. જેમ કે બરફનું ઓગળીને પાણીમાં પરિવર્તન પામવું અથવા તો પાણીનું વરાળમાં ફેરવાવું. આ પણ ભૌતિક પ્રક્રિયાઓ છે. રૂપાંતરણ સમયે બંધોનું તૂટવું કે નવા બંધોનું નિર્માણ થવું એ જ રાસાયણિક પ્રક્રિયા છે. ઉદાહરણ તરીકે :

$$Ba(OH)_2 + H_2SO_4 \longrightarrow BaSO_4 + 2H_2O$$

આ એક અકાર્બનિક રાસાયણિક પ્રક્રિયા છે. તેવી જ રીતે સ્ટાર્ચના જળવિભાજનથી ગ્લુકોઝનું નિર્માણ થવું. આ એક કાર્બનિક રાસાયણિક પ્રક્રિયા છે. ભૌતિક કે રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓના દરનો સીધો સંબંધ એકમ સમયમાં બનતી નીપજો સાથે હોય છે તેને આ રીતે રજૂ કરી શકાય.

$$\text{દર} = \frac{\delta p}{\delta t}$$

જો દિશા નક્કી હોય તો આ દરને વેગ પણ કહે છે. ભૌતિક તેમજ રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓનો દર અન્ય કારકો સાથે તાપમાન દ્વારા પણ પ્રભાવિત હોય છે. એક સર્વસ્વીકૃત નિયમ અનુસાર પ્રત્યેક 10^oC તાપમાનના વધવાથી કે ઘટવાથી પ્રક્રિયાઓનો દર ક્રમશઃ બમણો કે અડધો થઈ જાય છે. ઉત્પ્રેરિત (ઉદ્દીપ્ત) પ્રક્રિયાઓ અનુત્પ્રેરિત પ્રક્રિયાઓની સરખામણીમાં ઊંચા દરથી પૂર્ણ થાય છે. જ્યારે કોઈ ઉત્સેચક દ્વારા થતી ઉત્પ્રેરિત પ્રક્રિયાઓનો દર અનુત્પ્રેરિત પ્રક્રિયા દ્વારા પૂર્ણ થનારી પ્રક્રિયાઓથી ઘણો વધારે હોય છે.

ઉદાહરણ તરીકે,

$$CO_2 \text{ (કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ)} + H_2O \text{ (પાણી)} \xrightleftharpoons{\text{કાર્બોનિક એનહાઇડ્રેઝ}} H_2CO_3 \text{ (કાર્બોનિક ઍસિડ)}$$

આ પ્રક્રિયા ઉત્પ્રેરકની ગેરહાજરીમાં ખૂબ જ મંદગતિથી થાય છે, જેમાં એક કલાકમાં કાર્બનિક ઍસિડના 200 અણુઓનું નિર્માણ થાય છે. પરંતુ ઉપરની પ્રક્રિયા કોષરસમાં હાજર ઉત્સેચક, કાર્બોનિક એનહાઇડ્રેઝની હાજરીમાં તીવ્ર ગતિથી પૂર્ણ થાય છે જેમાં કાર્બોનિક ઍસિડનાં 600,000 અણુ પ્રતિ સેકન્ડમાં બને છે. ઉત્સેચકે આ પ્રક્રિયાનો વેગ 10 મિલિયન ગણો વધારે કરી દીધો. ઉત્સેચકની આ શક્તિ હકીકતમાં અકલ્પનીય લાગે છે.

હજારો પ્રકારના ઉત્સેચકો હોય છે જે વિશેષ પ્રકારની રાસાયણિક કે ચયાપચયિક પ્રક્રિયાઓને ઉત્પ્રેરિત કરે છે. બહુચરણીય રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓમાં જ્યાં પ્રત્યેક ચરણ એક જ જટિલ ઉત્સેચક કે જુદા જુદા પ્રકારના ઉત્સેચકોથી ઉત્પ્રેરિત થાય છે તો તેને ચયાપચયિક પથ કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે :

$$\text{ગ્લુકોઝ} \rightarrow 2 \text{ પાયરૂવિક ઍસિડ}$$

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2H_2O$$

ગ્લુકોઝમાંથી પાયરૂવિક ઍસિડનું નિર્માણ થવું તે એક રાસાયણિક પથ દ્વારા થાય છે. જેમાં 10 જુદા જુદા પ્રકારના ઉત્સેચક ચયાપચયિક પ્રક્રિયાઓને ઉત્પ્રેરિત કરે છે. જ્યારે તમે પ્રકરણ-14માં શ્વસનનો અભ્યાસ કરશો ત્યારે ઉપરોક્ત પ્રક્રિયાઓના વિશે જાણવા મળશે. આ તબક્કે તમારે જાણી લેવું જોઈએ કે એક જ ચયાપચયિક પથ એક કે બે કે તેથી વધુ પ્રક્રિયાઓ દ્વારા જુદા પ્રકારના ચયાપચયિક અંત્ય ઉત્પાદનો બનાવે છે. આપણા કંકાલ સ્નાયુમાં અજારક સ્થિતિમાં લેક્ટિક ઍસિડનું નિર્માણ થાય છે. જ્યારે સામાન્ય જારક સ્થિતિમાં પાયરૂવિક ઍસિડનું નિર્માણ થાય છે. યીસ્ટમાં આથવણ પ્રક્રિયા દરમિયાન ઉપરના પથ દ્વારા ઈથેનોલ(આલ્કોહોલ)નું નિર્માણ થાય છે. જુદી જુદી દિશાઓમાં જુદા જુદા પ્રકારના ઉત્પાદનોનું નિર્માણ શક્ય છે.

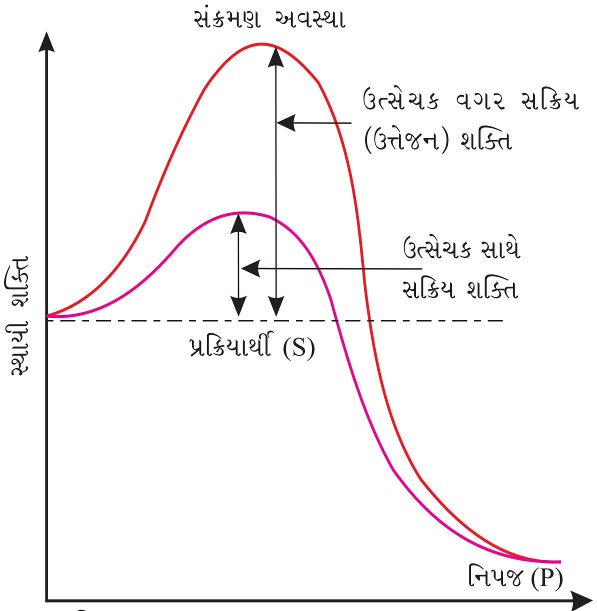
9.12.2 ઉત્સેચકો દ્વારા ઊંચા દરથી રાસાયણિક રૂપાંતરણ કેવી રીતે થાય છે ? (How do enzymes bring about such high rates of chemical conversions ?)

આને સમજવા માટે ઉત્સેચક વિશે વિસ્તૃત અભ્યાસ કરવો પડશે. સક્રિય સ્થાનના વિશે આપણે પહેલા અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છીએ. રાસાયણિક કે ચયાપચયિક રૂપાંતરણો એક પ્રક્રિયા હોય છે જેમાં રસાયણનું નીપજમાં રૂપાંતરણ થાય છે. તેને પ્રક્રિયક (S) કહે છે. જ્યારે ઉત્સેચક એક સક્રિય સ્થાન સાથે એક ત્રિ-પરિમાણ સંરચના ધરાવતું પ્રોટીન છે, જે એક પ્રક્રિયક (S)ને નીપજ (P)માં ફેરવે છે. સાંકેતિક સ્વરૂપે તેને નીચે મુજબ વર્ણવી શકાય.

$$S \rightarrow P$$

$$\text{પ્રક્રિયક} \rightarrow \text{નીપજ}$$

પ્રક્રિયાર્થી (S) ઉત્સેચકના સક્રિય સ્થાન જે તિરાડ કે ખાંચા (ગુહા) સ્વરૂપે હોય છે તેની સાથે જોડાય છે. પ્રક્રિયાર્થી સક્રિય સ્થાન તરફ પ્રસરણ પામે છે. આ પ્રકારે આવશ્યક ઉત્સેચક પ્રક્રિયાર્થી સંકુલ(ES Complex)નું નિર્માણ થાય છે. E (એન્ઝાઇમ) ઉત્સેચકને રજૂ કરે છે. આ સંકુલનું નિર્માણ



આકૃતિ 9.6 : સક્રિય શક્તિની સંકલ્પના (પ્રક્રિયાની પ્રગતિ)

એ એક ક્ષણિક સમયની ઘટના છે. પ્રક્રિયાર્થી ઉત્સેચકના સક્રિય સ્થાન સાથે જોડાય તે દરમિયાન પ્રક્રિયાર્થીની નવી સંરચનાનું નિર્માણ થાય છે. જેને સંક્રમણ અવસ્થા - સંરચના કહેવાય છે. તેના પછી તરત જ સ્વીકૃત બંધનું તૂટવું કે નિર્માણ પૂર્ણ થાય છે. પછી સક્રિય સ્થાન પરથી નીપજ મુક્ત થાય છે. બીજા શબ્દોમાં પ્રક્રિયાર્થીની સંરચના નીપજની સંરચનામાં ફેરવાય છે. રૂપાંતરણોનો આ પથ કથિત સંક્રમણ અવસ્થા દ્વારા થાય છે. સ્થાયી પ્રક્રિયક અને નીપજની વચ્ચે ઘણી બધી રૂપાંતરિત સંરચનાત્મક અવસ્થાઓ થઈ શકે છે. આ વાક્યનો અર્થ એ છે કે બનતી બધી જ મધ્યવર્તી સંરચનાત્મક અવસ્થા અસ્થાયી હોય છે. સ્થાયીત્વનો સંબંધ અણુની ઊર્જા (શક્તિ) અવસ્થા કે સંરચના સાથે જોડાયેલો હોય છે. જો આને ચિત્રાત્મક આલેખ દ્વારા પ્રદર્શિત કરીએ તો તે આકૃતિ 9.6 અનુસાર હોઈ શકે.

Y-અક્ષ સ્થાયી શક્તિ રજૂ કરે છે. X-અક્ષ વચગાળાની અવસ્થા દ્વારા બંધારણીય રૂપાંતરણમાં ફેરફાર સૂચવે છે. બે વસ્તુ ધ્યાનમાં રાખવા જેવી છે. પ્રક્રિયક (S) અને નીપજ (P)ના વચ્ચે શક્તિ સ્તરમાં ભિન્નતા છે. જો નીપજ પ્રક્રિયાર્થી કરતાં નીચલા સ્તરનો હોય તો પ્રક્રિયા બાહ્ય ઉષ્મીય હોય છે. આ અવસ્થામાં નીપજ નિર્માણ કાર્ય માટે શક્તિ- (ગરમી દ્વારા)ની આવશ્યક નથી. આમ છતાં, બાહ્ય ઉષ્મીય પ્રક્રિયા કે સ્વયં પ્રવર્તિત પ્રક્રિયા અથવા અંતઃ ઉષ્મીય કે શક્તિ આવશ્યક પ્રક્રિયાઓમાં પ્રક્રિયાર્થીને ઉચ્ચ શક્તિ અવસ્થા કે વચગાળાની અવસ્થામાંથી પસાર થવું પડે છે. પ્રક્રિયાર્થી અને વચગાળાની અવસ્થા વચ્ચે સરેરાશ શક્તિના તફાવતને સક્રિય (ઉત્તેજન) શક્તિ કહે છે.

ઉત્સેચક શક્તિ અવરોધને ઘટાડીને પ્રક્રિયાર્થીમાંથી નીપજના સરળ રૂપાંતરણમાં મદદ કરે છે.

9.12.3 ઉત્સેચકની કાર્યપદ્ધતિ (Nature of Enzyme Action)

પ્રત્યેક ઉત્સેચક (E)ના અણુમાં પ્રક્રિયક-જોડાણ-સ્થાન જોવા મળે છે. જેની સાથે પ્રક્રિયક (S) જોડાઈને ઉત્સેચક-પ્રક્રિયાર્થી-સંકુલ (E.S-Complex)નું નિર્માણ કરે છે. આ સંકુલ અત્યંત ઓછા સમય સુધી યથાવત રહે છે જે નીપજ (P) અને અપરિવર્તિત ઉત્સેચકમાં વિયોજિત થાય છે. તેની પહેલાં મધ્યવર્તી રચના ઉત્સેચક-નીપજ-સંકુલ (EP-Complex)નું નિર્માણ થાય છે.

ઉત્સેચક-પ્રક્રિયાર્થી-સંકુલ નિર્માણ થવું તે ઉત્પ્રેરણ (ઉદ્દીપન) માટે અત્યંત આવશ્યક છે.

$$E + S \rightleftharpoons \underset{\text{સંકુલ}}{ES} \longrightarrow \underset{\text{સંકુલ}}{EP} \longrightarrow E + P$$

ઉત્સેચક ક્રિયાના ઉત્પ્રેરક ચક્રને નીચેનાં ચરણોમાં વર્ણવી શકાય :

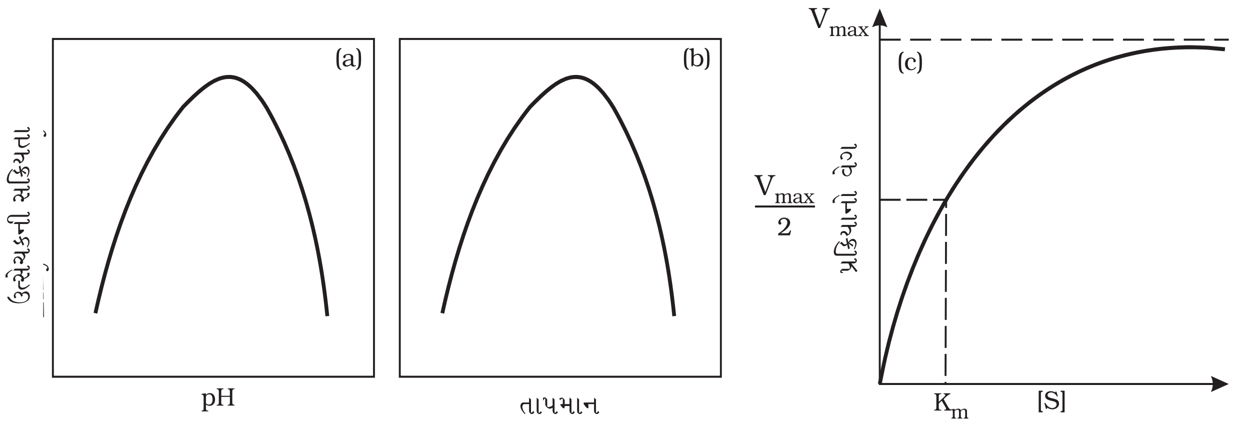
1. સૌપ્રથમ પ્રક્રિયક ઉત્સેચકના સક્રિય સ્થાને જોડાય છે.
2. ઉત્સેચક સાથે જોડાયેલ પ્રક્રિયક ઉત્સેચકના આકારમાં (સ્વરૂપમાં) બદલાવ લાવે છે. જેથી પ્રક્રિયક ઉત્સેચક સાથે મજબૂતીથી જોડાઈ જાય છે.
3. ઉત્સેચકનું સક્રિય સ્થાન હવે પ્રક્રિયકના ગાઢ સંપર્કમાં હોય છે જેના પરિણામ સ્વરૂપે પ્રક્રિયકના રાસાયણિક બંધ તૂટે છે અને નવા ઉત્સેચક-નીપજ સંકુલનું નિર્માણ થાય છે.
4. ઉત્સેચક નવનિર્મિત નીપજને મુક્ત કરે છે. મુક્ત થયેલ ઉત્સેચક અન્ય પ્રક્રિયક સાથે જોડાવા માટે તૈયાર થઈ જાય છે. આ પ્રકારે પુનઃ ઉત્સેચક ચક્રની શરૂઆત થાય છે.

9.12.4 ઉત્સેચકની ક્રિયાવિધિ પર અસર કરતાં પરિબળો (Factors affecting enzyme activity)

જે પરિબળો પ્રોટીનની તૃતીયક સંરચનામાં ફેરફાર પ્રેરે છે, તે ઉત્સેચકની સક્રિયતાને પણ અસર કરે છે. જેમ કે તાપમાન, pH, પ્રક્રિયકની સાંદ્રતામાં ફેરફાર અથવા કોઈ વિશિષ્ટ રસાયણનું ઉત્સેચક સાથેનું જોડાણ કે જે તેની ક્રિયાશીલતાનું નિયમન કરતું હોય.

તાપમાન અને pH

ઉત્સેચક સામાન્ય રીતે તાપમાન અને pHની મર્યાદિત ક્ષેત્ર વિસ્તારમાં કાર્ય કરે છે. (આકૃતિ 9.7) દરેક ઉત્સેચકની મહત્તમ ક્રિયાશીલતા એક ચોક્કસ તાપમાન અને pHના આધારે થાય છે. જેને ક્રમશઃ ઈષ્ટતમ તાપમાન અને ઈષ્ટતમ pH કહે છે. આ ઈષ્ટતમ માપથી ઉપર કે નીચે ઉત્સેચકની ક્રિયાશીલતામાં ઘટાડો થાય છે. નીચુ તાપમાન ઉત્સેચકની ક્રિયાશીલતાને નિષ્ક્રિય કરી દે છે. જ્યારે ઊંચું તાપમાન ઉત્સેચકની ક્રિયાશીલતા નષ્ટ કરી દે છે કારણ કે ગરમીથી પ્રોટીન વિનૈસર્ગીકરણ પામે છે.



આકૃતિ 9.7 : (a) pH (b) તાપમાન તથા (c) પ્રક્રિયાર્થીની સાંદ્રતાના ફેરફારનો ઉત્સેચકની સક્રિયતા પર પ્રભાવ

પ્રક્રિયકની સાંદ્રતા

પ્રક્રિયકની સાંદ્રતામાં વધારો થવાની સાથે-સાથે સૌપ્રથમ ઉત્સેચકનો પ્રક્રિયા વેગ (V) વધે છે. પ્રક્રિયા તેના મહત્તમ પ્રક્રિયા વેગને (V_{max}) પ્રાપ્ત કર્યા પછી પ્રક્રિયકની સાંદ્રતા વધવા છતા પણ તેમાં વધારો થતો નથી. એવું એટલા માટે થાય છે કે ઉત્સેચકના અણુઓની સંખ્યા પ્રક્રિયકના અણુઓથી ઓછી હોય છે અને પ્રક્રિયકના અણુઓ દ્વારા ઉત્સેચક સંતૃપ્ત થયા પછી ઉત્સેચકનો કોઈ પણ અણુ પ્રક્રિયકના વધારાના અણુઓ સાથે જોડાવવા માટે મુક્ત રહેતો નથી. (આકૃતિ 9.7).

કોઈ પણ ઉત્સેચકની ક્રિયાશીલતા વિશિષ્ટ રસાયણોની કે જે ઉત્સેચક સાથે જોડાય છે તેની હાજરીમાં સંવેદનશીલ હોય છે. જ્યારે કોઈ રસાયણ ઉત્સેચક સાથે જોડાય અને તેની પ્રક્રિયાને અટકાવી દે તો તેને **અવરોધન** અને તે રસાયણને **અવરોધક** કહે છે.

જ્યારે અવરોધક તેની આણ્વિક સંરચનામાં પ્રક્રિયાર્થી સાથે સમાનતા ધરાવે છે અને ઉત્સેચકની ક્રિયાશીલતાને અવરોધે છે તો તેને **'પ્રતિસ્પર્ધી (હરીફ) અવરોધક'** કહે છે.

અવરોધકની પ્રક્રિયાર્થી સાથે ગાઢ સંરચનાત્મક સમાનતાના ફળ સ્વરૂપે આ પ્રક્રિયાર્થી દ્વારા ઉત્સેચકના પ્રક્રિયાર્થી-જોડાણ-સ્થાન સાથે જોડાઈને પ્રતિસ્પર્ધા (હરિફાઈ) કરે છે. પરિણામ સ્વરૂપે પ્રક્રિયાર્થી પ્રક્રિયાર્થી-જોડાણ-સ્થાન સાથે જોડાઈ શકતાં નથી જેના ફળ સ્વરૂપે ઉત્સેચક પ્રક્રિયા મંદ (ધીમી) પડી જાય છે. ઉદાહરણ તરીકે સક્સિનિક ડિહાઇડ્રોજિનેઝનું મેલોનેટ દ્વારા અવરોધન કે જે સંરચનામાં પ્રક્રિયાર્થી સક્સિનેટ સાથે વધુ સમાનતા ધરાવે છે આવાં પ્રતિસ્પર્ધી અવરોધકોનો ઉપયોગ બૅક્ટેરિયલ રોગકારકોને નિયંત્રિત કરવા માટે થાય છે.

9.12.5 ઉત્સેચકોનું નામકરણ અને વર્ગીકરણ (Classification and Nomeclature of Enzymes)

હજારો ઉત્સેચકની શોધ, અલગીકરણ અને અભ્યાસ થઈ ચૂક્યો છે. ઉત્સેચકો દ્વારા જુદી જુદી પ્રક્રિયાઓના ઉત્પ્રેરકના આધારે તેને જુદા જુદા સમૂહોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યા છે. ઉત્સેચકોને 6 વર્ગોમાં તથા પ્રત્યેક વર્ગને 4થી 13 ઉપવર્ગોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યા છે, જેનું નામકરણ ચાર અક્ષરીય સંખ્યા પર આધારિત છે.

ઑક્સિડોરિડક્ટેઝિસ / ડિહાઇડ્રોજીનેઝિસ ઉત્સેચક કે જે બે પ્રક્રિયકો S અને S' વચ્ચે ઑક્સિડો-રિડક્શનને ઉત્પ્રેરિત કરે છે જેમ કે....

S (રિડ્યુસ) + S' (ઑક્સિડાઈઝ) ⟶ S ઑક્સિડાઈઝ + S' રિડ્યુસ.

ટ્રાન્સફરેઝિસ : ઉત્સેચકો પ્રક્રિયકોની એક જોડ S અને S' વચ્ચે એક સમૂહ G (હાઇડ્રોજન સિવાય)ના સ્થળાંતરણને ઉત્પ્રેરિત કરે છે જેમ કે....

$$S - G + S' \longrightarrow S + S' - G$$

હાઈડ્રોલેઝિસ : ઉત્સેચક એસ્ટર, ઈથર, પેપ્ટાઇડ, ગ્લાયકોસિડિક, કાર્બન-કાર્બન, કાર્બન-હેલાઇડ અથવા P–N બંધ (ફૉસ્ફરસ-નાઇટ્રોજન બંધ)નું જલવિભાજન પ્રેરે છે.

લાયેઝિસ : જલવિભાજન સિવાય પ્રક્રિયકોમાંથી સમૂહને દૂર કરવા માટે સંકળાયેલા ઉત્સેચકો છે. પ્રક્રિયાના ફળ સ્વરૂપે દ્વિબંધોનું નિર્માણ થાય છે.

```
X    Y
|    |
C ── C ────→ X – Y + C = C.
```

આઈસોમરેઝિસ : એવા બધા જ ઉત્સેચકો કે જે પ્રકાશીય, ભૌમિતિક અથવા બંધારણીય સમઘટકોના આંતર રૂપાંતરણને ઉત્પ્રેરિત કરે છે.

લિગેઝિસ : ઉત્સેચક કે જે બે રસાયણોને પરસ્પર જોડાણ માટે ઉત્પ્રેરિત કરે છે, જેમ કે C–O, C–S, C–N, P–O વગેરે બંધોનું નિર્માણ સાથે સંકળાયેલા ઉત્સેચકો.

9.12.6 સહકારકો (Co-Factors)

ઉત્સેચક એક કે અનેક પોલિપેપ્ટાઇડ શૃંખલાઓના જોડાવાથી બને છે. છતાં પણ કેટલીક સ્થિતિમાં બિનપ્રોટીન ઘટક જેને સહકારક કહે છે તે ઉત્સેચક સાથે જોડાઈને તેને સક્રિય બનાવે છે. આ ઉદાહરણમાં ઉત્સેચકના માત્ર પ્રોટીનવાળા ભાગને એપોએન્જાઇમ કહે છે. સહકારક ત્રણ પ્રકારના હોય છે. પ્રોસ્થેટિક જૂથ, સહઉત્સેચક તથા ધાતુ આયન.

પ્રોસ્થેટિક સમૂહ કાર્બનિક રસાયણો હોય છે અને તે અન્ય સહકારકોથી સ્વરૂપમાં જુદા હોય છે કે તે એપોએન્ઝાઇમ સાથે પ્રબળ બંધથી જોડાય છે. ઉદાહરણ સ્વરૂપે ઉત્સેચક પેરોક્સાઈડેઝ અને કેટાલેઝ જે હાઇડ્રોજન પેરોક્સાઈડને ઑક્સિજન અને પાણીમાં વિખંડન કરે છે. તેમાં હીમ પ્રોસ્થેટિક સમૂહ હોય છે જે ઉત્સેચકનો સક્રિયતા માટેનો એક ભાગ હોય છે.

સહ-ઉત્સેચક પણ કાર્બનિક રસાયણો હોય છે પરંતુ તેનું એપોએન્ઝાઇમ સાથેનું જોડાણ ક્ષણિક હોય છે જે સામાન્ય ઉત્પ્રેરણ દરમિયાન બને છે. સહ-ઉત્સેચક વિવિધ ઉત્સેચકીય ઉત્પ્રેરિત પ્રક્રિયાઓમાં સહકારક તરીકે કાર્ય કરે છે. અનેક સહ-ઉત્સેચકનું મુખ્ય રાસાયણિક ઘટક વિટામિન્સ હોય છે. ઉ. દા., સહઉત્સેચક નિકોટીનેમાઇડ એડેનાઇન ડાયન્યુક્લિઓટાઇડ (NAD) અને NADP વિટામિન નિએસીન ધરાવે છે.

ઘણા બધા ઉત્સેચકોની સક્રિયતા માટે ધાતુ-આયનની આવશ્યકતા રહેલી હોય છે. જે સક્રિય સ્થાન પર પાર્શ્વીય શૃંખલા સાથે સમન્વય બંધ (સહસંયોજક બંધ = Co-ordination bond) બનાવે છે. એ જ સમયે એક કે તેથી વધુ સમન્વય બંધ વડે પ્રક્રિયક સાથે જોડાયેલ હોય છે. ઉ. દા., પ્રોટિયોલાઇટીક ઉત્સેચક કાર્બોક્સિપેપ્ટિડેઝ સાથે ઝિંક એક સહકારક સ્વરૂપે જોડાયેલ હોય છે.

ઉત્સેચક પરથી જો સહકારકને અલગ કરવામાં આવે તો તેની ઉત્પ્રેરક ક્રિયાશીલતા સમાપ્ત થઈ જાય છે. તેનાથી સ્પષ્ટ થાય છે કે ઉત્સેચકની ઉત્પ્રેરક ક્રિયાશીલતા માટે સહકારક નિર્ણાયક ભૂમિકા ભજવે છે.

સારાંશ

સજીવોમાં આશ્ચર્યજનક વિભિન્નતા જોવા મળે છે. તેઓનાં રાસાયણિક સંગઠન અને ચયાપચય પ્રક્રિયાઓમાં અસાધારણ સમાનતા જોવા મળે છે. સજીવ પેશીમાં તથા નિર્જીવ દ્રવ્યોમાં જોવા મળતાં તત્ત્વોના સંગઠનનું જો ગુણાત્મક પરીક્ષણ કરવામાં આવે તો તે ઘણુ સમાન હોય છે. છતાં પણ સૂક્ષ્મ પરીક્ષણ પછી એ સ્પષ્ટ છે કે જો સજીવતંત્ર અને નિર્જીવ દ્રવ્યોની તુલના કરવામાં આવે તો સજીવતંત્રમાં કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનની સાપેક્ષ માત્રા વધારે હોય છે. સજીવોમાં સૌથી વધુ પ્રચુર

રસાયણ પાણી જોવા મળે છે. ઓછો અણુભાર (1000 ડાલ્ટનથી ઓછો) વાળા હજારો જૈવઅણુઓ હોય છે. સજીવોમાં એમિનો ઍસિડ, મોનોસેકેરાઇડ્‌સ, ડાયસેકેરાઇડ્‌સ શર્કરા, ફેટી ઍસિડ, ગ્લિસરોલ, ન્યુક્લિઓટાઇડ્‌સ, ન્યુક્લિઓસાઇડ્‌સ અને નાઇટ્રોજન બેઇઝ્‌સ જેવા કાર્બનિક રસાયણો જોવા મળે છે. તેમાં 20 પ્રકારના એમિનો ઍસિડ્‌સ 5 પ્રકારના ન્યુક્લિઓટાઈડ્‌સ જોવા મળે છે. ચરબી અને તેલ ગ્લિસરાઇડ્‌સ હોય છે. જેમાં ફેટી ઍસિડ, ગ્લિસરોલથી એસ્ટરીકૃત થાય છે. ફૉફોલિપિડમાં ફૉસ્ફરીકૃત નાઇટ્રોજનયુક્ત સંયોજનો જોવા મળે છે.

સજીવતંત્રમાં માત્ર ત્રણ પ્રકારના મહાઅણુઓ જેવા કે પ્રોટીન, ન્યુક્લિઇક ઍસિડ અને પોલિસેકેરાઇડ્‌સ જોવા મળે છે. લિપિડ પટલ સાથે જોડાયેલ હોવાના કારણે બૃહદ્ આણ્વિક ભાગમાં રહે છે. જૈવ મહાઅણુ પોલિમર હોય છે. જે જુદા જુદા ઘટકોથી બને છે. પ્રોટીન એ વિષમ પોલિમર છે જે એમિનો ઍસિડ્‌સના જોડાણથી બને છે. ન્યુક્લિઇક ઍસિડ (DNA અને RNA) ન્યુક્લિઓટાઇડ્‌સના જોડાણથી બને છે. જૈવ મહાઅણુઓમાં સંરચનાના પદાનુક્રમ જેવા કે પ્રાથમિક, દ્વિતીયક, તૃતીયક અને ચતુર્થક સંરચનાઓ જોવા મળે છે. ન્યુક્લિઇક ઍસિડ જનીનદ્રવ્ય તરીકે વર્તે છે. પોલિસેકેરાઇડ્‌સ એ વનસ્પતિ, ફૂગમાં કોષદીવાલનો બંધારણીય ઘટક અને સંધિપાદીઓનાં બાહ્યકંકાલનો ઘટક છે. તે ઊર્જાના સંચય સ્વરૂપે પણ હોય છે જેવા કે (સ્ટાર્ચ, ગ્લાયકોજન). પ્રોટીન વિભિન્ન કોષીય કાર્યોમાં સહાય કરે છે. જેમાં કેટલાક ઉત્સેચક, એન્ટિબોડી, ગ્રાહીઅણુ, અંતઃસ્રાવ અને બીજા કેટલાક બંધારણીય પ્રોટીન હોય છે. પ્રાણી સૃષ્ટિમાં સૌથી વધુ માત્રામાં જોવા મળતું પ્રોટીન કૉલેજન અને સમગ્ર જીવાવરણમાં સૌથી વધુ માત્રામાં જોવા મળતું પ્રોટીન રૂબિસ્કો (RuBisCo) છે.

ઉત્સેચક પ્રોટીન હોય છે જે કોષમાં જૈવ રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ માટે ઉત્પ્રેરક શક્તિ હોય છે. રિબોઝાઇમ ઉત્પ્રેરિત શક્તિ ધરાવતું ન્યુક્લિઇક ઍસિડ છે. પ્રોટીનમય ઉત્સેચકની મહત્તમ ક્રિયાશીલતા માટે ઈષ્ટતમ તાપમાન, p^H, વગેરેની આવશ્યકતા હોય છે. ઉત્સેચક ઊંચા તાપમાને વિનૈસર્ગીકૃત થાય છે. ઉત્સેચકો સક્રિય શક્તિ સ્તરને નીચો કરે છે અને પ્રક્રિયાના દરને વધારે છે. ન્યુક્લિઇક ઍસિડ આનુવંશિક માહિતીનું વાહક હોય છે, જે માહિતીને પિતૃ પેઢીમાંથી સંતતિમાં આગળ વધારે છે.

સ્વાધ્યાય

1. મહાઅણુઓ શું છે ? દૃષ્ટાંત આપો.
2. ગ્લાયકોસિડિક, પેપ્ટાઇડ તથા ફૉસ્ફોડાયએસ્ટર બંધોનું વર્ણન કરો.
3. પ્રોટીનની તૃતીય સંરચનાનું તાત્પર્ય શું છે ?
4. 10 એવા સૂક્ષ્મ જૈવ અણુઓને શોધો કે જે ઓછો અણુભાર ધરાવતા હોય. એવા ઉદ્યોગને શોધો કે જે આ રસાયણોનું નિર્માણ અલગીકરણ દ્વારા કરતા હોય, તેને ખરીદનાર કોણ છે ? તેની તપાસ કરો.
5. પ્રોટીનમાં પ્રાથમિક સંરચના હોય છે, જો તમારી જાણકારી માટે એવી પદ્ધતિ આપવામાં આવી હોય કે, જેમાં પ્રોટીનના બંને છેડા પર કયા એમિનો ઍસિડ છે તે જાણી શકાય તો શું તમે આ માહિતીને પ્રોટીનની શુદ્ધતા અથવા સમાંગતા સાથે જોડી શકો છો ?
6. રોગનિવારક એજન્ટ તરીકે પ્રયોગમાં ઉપયોગમાં લેવાતાં પ્રોટીનની માહિતી મેળવો અને તેની યાદી બનાવો તથા પ્રોટીનનું અન્ય પ્રયોજન જણાવો. (જેમ કે સૌંદર્ય-પ્રસાધન વગેરે.)

7. ટ્રાયગ્લિસરાઇડના બંધારણનું વર્ણન કરો.
8. શું તમે પ્રોટીનની સમજના આધારે વર્ણન કરી શકો છો કે દૂધનું દહીંમાં (કે યોગર્ટમાં) રૂપાંતરણ કેવી રીતે થાય છે ?
9. શું તમે વ્યાપારિક દૃષ્ટિથી ઉપલબ્ધ અણુમૉડલ(દડો અને લાકડી નમૂના)નો ઉપયોગ કરી જૈવ-અણુઓના મૉડલને બનાવી શકો છો ?
10. એમિનો ઍસિડને નિર્બળ બેઇઝથી અનુમાપન કરી એમિનો ઍસિડમાં (આયોનાઇઝેબલ) ક્રિયાશીલ સમૂહોની ઓળખ મેળવવાનો પ્રયત્ન કરો.
11. એલેનાઇન એમિનો ઍસિડની રચનાનું રેખાંકન દોરો.
12. ગુંદર શેનો બનેલો છે ? શું ફેવિકોલ તેનાથી અલગ છે ?
13. પ્રોટીન, ચરબી, તેલ અને એમિનો ઍસિડનું ગુણાત્મક પૃથક્કરણ / પરીક્ષણ બતાવો તથા કોઈ પણ ફળનો રસ, લાળ, પરસેવો તથા મૂત્રમાં તેઓનું પરીક્ષણ કરો.
14. તપાસ કરો કે જીવાવરણમાં બધી જ વનસ્પતિઓ દ્વારા કેટલા સેલ્યુલોઝનું નિર્માણ થાય છે ? તેની તુલના મનુષ્ય દ્વારા કુલ ઉત્પાદિત કાગળ સાથે કરો, મનુષ્ય પ્રતિવર્ષ વનસ્પતિ પદાર્થોનો વપરાશ કેટલો કરે છે ? તેમાં વનસ્પતિઓ કેટલા પ્રમાણમાં નાશ પામે છે ?
15. ઉત્સેચકોના મહત્ત્વપૂર્ણ ગુણધર્મોનું વર્ણન કરો.