

Inhaltsverzeichnis

Vorwort XI

Zusatzmaterial: Power-Point Animationen XIII

Abkürzungen XV

1 Einleitung 1

- 1.1 Historische Entwicklung und Bedeutung der Enzyme, ein Überblick 1
- 1.2 Wie sind Enzyme entstanden? 4
- 1.3 Ribozyme 5
- 1.4 Weiterführende Literatur über Enzyme 7
- 1.5 Literatur 8

2 Struktur der Enzyme 13

- 2.1 Primärstruktur 13
- 2.2 Sekundärstruktur 15
- 2.3 Tertiärstruktur 18
- 2.4 Quartärstruktur 21
- 2.5 Verlauf der Proteinfaltung 25
- 2.6 Katalytisches Zentrum und Coenzyme 27
- 2.6.1 Biotin 29
- 2.6.2 Liponsäure 30
- 2.6.3 Thiamindiphosphat 32
- 2.6.4 Coenzym A 33
- 2.6.5 Pyridoxalphosphat 33
- 2.6.6 Tetrahydrofolat 34
- 2.6.7 Cobalamin 35
- 2.6.8 Nicotinamid-Coenzyme 37
- 2.6.9 Flavin-Coenzyme 38
- 2.6.10 Coenzym Q 39
- 2.6.11 Porphyrin-Coenzyme 39
- 2.6.12 Metallionen als Cofaktoren 42
- 2.7 Literatur 45

3	Enzymklassen, Enzymnomenklatur	47
3.1	Klasse 1: Oxidoreduktasen	48
3.2	Klasse 2: Transferasen	55
3.3	Klasse 3: Hydrolasen	66
3.4	Klasse 4: Lyasen	72
3.5	Klasse 5: Isomerasen	75
3.6	Klasse 6: Ligasen	77
3.7	Literatur	79
4	Allgemeine Eigenschaften von Enzymen, Enzymtests	81
4.1	Woran erkennt man ein Enzym?	81
4.2	Wie werden Enzyme getestet und was ist dabei zu berücksichtigen?	81
4.3	pH-Abhängigkeit der Enzymaktivität	83
4.4	Temperaturabhängigkeit der Enzymaktivität	84
4.5	Abhängigkeit der Enzymaktivität von der Ionenstärke	88
4.6	Allgemeine Regeln für Enzymtests	89
4.7	Aufbewahrung von Enzymen	91
4.8	Sicherheitsvorkehrungen beim Arbeiten mit Enzymen	92
4.9	Vorgehensweise beim Enzymtest	92
4.10	Auswertung von Enzymtests, Enzymeinheiten	95
4.11	Wie bestimmt man die Umsatzgeschwindigkeit von Enzymen?	97
4.12	Vom Einzelnachweis zum Massentest	98
4.12.1	Aspekte für Einfach- und Mehrfachtests	98
4.12.2	Tests auf Mikrotiterplatten	99
4.12.3	Microarray-Verfahren	100
4.13	Statistische Behandlung von Daten aus Enzymuntersuchungen	101
4.14	Literatur	105
5	Methoden für Enzymuntersuchungen	107
5.1	Optische Methoden	107
5.1.1	Absorptionsfotometrie	107
5.1.2	Fluoreszenzspektroskopie	117
5.1.3	Polarisationsspektroskopie, optische Rotationsdispersion, Circular dichroismus	123
5.2	Elektrochemische Methoden	124
5.2.1	pH-Bestimmung, Glaselektrode	124
5.2.2	pH-Stat	126
5.3	Methoden zur Messung schneller Reaktionen	126
5.3.1	Flussmethoden	126
5.3.2	Relaxationsmethoden	129
5.4	Literatur	132

6	Enzymisolierung 135
6.1	Wie gewinnt man Enzyme? 135
6.2	Wie reinigt man Enzyme? 137
6.3	Fällungsmethoden 140
6.4	Ultrafiltration und Dialyse 141
6.5	Zentrifugation 142
6.6	Säulenchromatografische Methoden 144
6.6.1	Ionen austauschchromatografie 145
6.6.2	Gelfiltration 147
6.6.3	Adsorptionschromatografie 148
6.6.4	Hydrophobe Chromatografie 149
6.6.5	Affinitätschromatografie 149
6.7	Elektrophoretische Methoden 150
6.8	Literatur 152
7	Ligandenbindung 155
7.1	Wie findet das Substrat sein Enzym? 155
7.2	Worauf beruht die Stärke einer Bindung und wie kann man sie quantifizieren? 160
7.3	Formulierung der Bindungsgleichung 162
7.4	Wie misst man die Ligandenbindung? 168
7.4.1	Gleichgewichtsdialyse 168
7.4.2	Ultrafiltration und Ultrazentrifugation 170
7.4.3	Oberflächen-Plasmon-Resonanz 171
7.5	Literatur 172
8	Kinetische Behandlung von Enzymreaktionen 173
8.1	Reaktionsordnung 173
8.1.1	Reaktionen erster Ordnung 173
8.1.2	Reaktionen zweiter Ordnung 175
8.1.3	Reaktionen nullter Ordnung 176
8.2	Michaelis-Menten-Gleichung 177
8.2.1	Theorie der Michaelis-Menten-Gleichung 177
8.2.2	Anwendung der Michaelis-Menten-Gleichung 182
8.2.3	Auswertung enzymkinetischer Daten 186
8.2.4	Ein Schritt zurück – wie bestimmt man die Reaktionsgeschwindigkeit? 189
8.3	Rückreaktion 193
8.4	Literatur 196
9	Enzymhemmung 199
9.1	Kategorien der Enzymhemmung 199
9.2	Reversible Enzymhemmung 201
9.2.1	Kompetitive Hemmung 201
9.2.2	Nicht-kompetitive Hemmung 207

9.2.3	Unkompetitive Hemmung, Substrathemmung	213
9.2.4	Andere Hemmarten	218
9.3	Literatur	221
10	Mehrsubstratreaktionen	223
10.1	Darstellungsweise von Mehrsubstratreaktionen	223
10.2	Die verschiedenen Mechanismen der Mehrsubstratreaktionen	225
10.3	Analyse von Mehrsubstratreaktionen	227
10.4	Literatur	231
11	Allosterische Enzyme	233
11.1	Grundlagen der Kooperativität	233
11.2	Symmetrie-Modell und allgemeine Betrachtungen zu allosterischen Enzymen	235
11.3	Sequenz-Modell und negative Kooperativität	243
11.4	Kinetische Kooperativität, das Slow-Transition-Modell	246
11.5	Literatur	248
12	Passgerechte Enzyme: Immobilisierung, Enzymreaktoren und künstliche Enzyme	251
12.1	Immobilisierung von Enzymen	251
12.1.1	Allgemeine Aspekte der Immobilisierung	251
12.1.2	Nicht-kovalente Fixierung	253
12.1.3	Kovalente Fixierung	253
12.1.4	Quervernetzung	254
12.1.5	Mikroverkapselung	255
12.1.6	Entrapment	255
12.2	Enzymreaktoren	256
12.2.1	Rührkesselreaktoren	257
12.2.2	Festbettreaktoren	258
12.3	Künstliche Enzyme	258
12.3.1	Katalytische Antikörper	260
12.3.2	Synzyme	261
12.4	Literatur	262
13	Enzyme im praktischen Gebrauch	265
13.1	Enzyme in der Industrie	265
13.1.1	Allgemeine Aspekte	265
13.1.2	Proteinspaltende Enzyme	267
13.1.3	Enzyme des Kohlenhydratstoffwechsels	269
13.1.4	Oxidierende Enzyme	271
13.1.5	Lipasen	272
13.1.6	Aminosäuresynthesen	273
13.1.7	Weitere Enzyme in industrieller Anwendung	273

13.2	Enzyme in Medizin und Therapie	274
13.3	Literatur	278
14	Ausblick	281
14.1	Literatur	282
	Sachverzeichnis	283