

Inhaltsverzeichnis

Vorwort VII

Verzeichnis der wichtigsten Formelzeichen und Definitionen XIII

Einleitung 1

1 Charakterisierung von Lebensmitteln

1.1 Lebensmittel als Mehrstoffsysteme 4

1.2 Innere Faktoren von Lebensmittelsystemen und Strukturmerkmale der Lebensmittelinhaltsstoffe 6

1.3 Äußere Parameter von Lebensmittelsystemen – das Reaktionsmilieu

1.3.1 Konzentrationen und Formelmenge von Lebensmittelinhaltsstoffen 8

1.3.2 Wasseraktivität 8

1.3.3 Ionenstärke 17

1.3.4 Wasserstoffionenkonzentration 19

1.3.5 Redoxpotential 20

1.3.6 Temperatur 22

1.3.7 Druck 23

1.3.8 Energieformen 23

1.3.9 Wirkungen verschiedener Parameter des Reaktionsmilieus 24

2 Zustandsgrößen und Zustandsänderungen von Lebensmitteln

2.1 Zustandsgrößen, Zustandsfunktionen und Zustandsvariable 25

2.1.1 Extensive Zustandsgrößen 26

2.1.2 Intensive Zustandsgrößen 26

2.1.3 Wärmeenergie 27

2.1.4 Innere Energie 28

2.1.5 Enthalpie 29

2.1.6 Entropie 30

2.1.7 Freie Enthalpie und Freie Energie 32

2.1.8 Chemisches Potential 32

2.2 Zustandsänderungen 33

3	Energetische und reaktionskinetische Merkmale von Lebensmittelveränderungen	
3.1	Energetische Bilanz chemischer und biochemischer Lebensmittelveränderungen	36
3.2	Reaktionskinetische Merkmale von Lebensmittelveränderungen .	39
4	Zeitgesetze	43
4.1	Einfache Zeitgesetze	45
4.1.1	Reaktionen erster Ordnung	45
4.1.1.1	Abbau von Vitaminen	48
4.1.1.2	Abbau von Farbstoffen	52
4.1.1.3	Bildung brauner Farbpigmente	55
4.1.1.4	Bildung und Abbau von Aromastoffen	56
4.1.1.5	Abbau und Texturveränderungen strukturgebender Lebensmittelinhaltsstoffe	58
4.1.1.6	Enzymatisch und mikrobiologisch verursachte Lebensmittelveränderungen	60
4.1.2	Reaktionen zweiter Ordnung	63
4.1.2.1	Abbau von Vitaminen	66
4.1.2.2	Abbau von natürlichen Farbstoffen	67
4.1.2.3	Hydrolyse von Saccharose	67
4.1.2.4	Enzymatische Lebensmittelveränderungen und deren irreversible Hemmung	67
4.1.3	Reaktionen 0. Ordnung	68
4.1.4	Reaktionen mit Pseudo-Ordnung	70
4.1.5	Allgemeine Form der Zeitgesetze	70
4.1.6	Reaktionsgeschwindigkeit als Funktion relativer Konzentrationen	71
4.2	Zeitparameter und Prozeßzeiten	75
4.2.1	Zeiten für den 10%igen Umsatz (H-Wert)	75
4.2.2	Zeiten für den 50%igen Umsatz (Halbwertszeit τ)	77
4.2.3	Zeiten für den 90%igen Umsatz (D-Wert)	77
4.2.4	Beziehungen zwischen Prozeßzeiten und Geschwindigkeitskonstanten	80
4.2.5	Zeitparameter für erwünschte und unerwünschte Lebensmittelveränderungen	81
4.3	Komplexe Zeitgesetze – komplizierte Reaktionen	83
4.3.1	Reversible Reaktionen	84
4.3.2	Parallelreaktionen	87
4.3.3	Folgereaktionen	88
4.3.4	Folgereaktionen mit Gleichgewichtsteilreaktionen	91
4.3.5	Folgereaktionen mit reversiblen und konkurrierenden Teilreaktionen	93
4.3.6	Kettenreaktionen	94
4.3.6.1	Startreaktionen	95

4.3.6.2	Ketten-Folgereaktionen	96
4.3.6.3	Abbruchreaktionen	97
4.3.6.4	Verknüpfung der Start-, Folge- und Abbruchreaktionen	97

5 Abhängigkeit der Stoffwandlung in Lebensmitteln von der Temperatur und von anderen Faktoren des Reaktionsmilieus

5.1	Bedeutung der Temperatur für die Stoffwandlung in Lebensmitteln	99
5.2	Grundlagen zur Charakterisierung der Temperaturabhängigkeit von Stoffwandlungen	101
5.2.1	Die Arrhenius-Gleichung	102
5.2.2	Umformungen der Arrhenius-Gleichung	109
5.2.3	Das „vereinfachte“ Arrhenius-Diagramm, der z-Wert	114
5.2.4	Der $Q_{\Delta T}$ -Wert	123
5.2.5	Das Bělehrádek-Modell	127
5.3	Temperaturabhängigkeit qualitätsbestimmender Lebensmittelveränderungen	128
5.3.1	Chemische Reaktionen	129
5.3.2	Wachstum und Abtötung von Mikroorganismen	131
5.3.3	Enzymaktivität und Enzyminaktivierung	146
5.3.4	Haltbarkeit von Lebensmitteln	150
5.4	Kinetische Kennwerte für die Abhängigkeit der in Lebensmitteln ablaufenden Reaktionen von anderen Einflußfaktoren	155

6 Qualitäts- und Prozeßberechnung

6.1	Einführung	159
6.2	Voraussetzungen zur Durchführung der Qualitäts- und Prozeßberechnung	161
6.2.1	Festlegung der qualitäts- und prozeßbestimmenden Merkmale als Zielgrößen der Berechnung	161
6.2.2	Festlegung bzw. Ermittlung der entscheidenden Einflußfaktoren .	162
6.2.3	Kenntnis des zeitlichen Verlaufs der Einflußfaktoren im Lebensmittel in der jeweiligen Verfahrensstufe	169
6.2.4	Kenntnis der reaktionskinetischen Parameter für die Abhängigkeit der Qualitätsmerkmale von den Einflußfaktoren	169
6.3	Methoden der Qualitäts- und Prozeßberechnung	169
6.3.1	Die direkte Methode der Prozeßberechnung	170
6.3.2	Die indirekte Methode der Prozeßberechnung	173
6.3.3	Die mathematische Methode der Prozeßberechnung	178
6.4	Beziehungen des S_{T_b} -Wertes zu anderen Größen der Prozeßberechnung	179
6.4.1	Der Sterilisierwert F	181
6.4.2	Der Kochwert C	183
6.4.3	Die Enzyminaktivierung E	184

6.4.4	Der Pasteurisierwert P	185
6.5	Beziehungen des $Q_{\Delta T}$ -Wertes zu anderen Größen der Prozeßberechnung	186
6.6	Qualitäts- und Prozeßberechnung bei mehreren Einflußfaktoren	190
7	Ermittlung reaktionskinetischer Daten	
7.1	Methoden der Meßwerterfassung und -auswertung	191
7.1.1	Quantitative Bestimmung einzelner Komponenten in Lebensmittelsystemen	193
7.1.2	Quantitative Bestimmung der Lebensmittelveränderungen am Gesamtsystem	196
7.1.3	Sensorische Analysen	198
7.1.3.1	Begriffsbestimmungen	199
7.1.3.2	Bewertungsskalen	200
7.1.3.3	Zusammenhang zwischen der Empfindungsgröße und der Konzentration eines Aromastoffes	203
7.1.3.4	Anwendung der Subjektiven Gustometrie und Olfaktometrie zur Berechnung sensorischer Veränderungen sowie zur Bestimmung reaktionskinetischer und physikochemischer Daten	207
7.2	Ermittlung der Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten und der Reaktionsordnung	212
7.2.1	Numerische Verfahren	213
7.2.2	Grafische Verfahren	217
7.2.3	Auswertung nichtlinearer Konzentrations-Zeitfunktionen	218
7.2.3.1	Biphasische Reaktionsabläufe	219
7.2.3.2	Die Sättigungskurve	221
7.2.3.3	Der sigmoide Kurvenverlauf	222
7.3	Aussagen zum Reaktionsmechanismus	223
7.4	Grenzen der Aussagefähigkeit kinetischer Analysen	225
8	Ausblick	226
	Kontrollaufgaben	229
	Lösungen der Kontrollrechenaufgaben	238
	Anhang	248
	Literaturverzeichnis	258
	Quellenverzeichnis	272
	Sachverzeichnis	274