



12

Lebensmittelverderb

Ein Lebensmittel gilt als verdorben, wenn:



1. es durch eine nachteilige Beeinflussung ungenießbar geworden ist.
2. durch sensorisch feststellbare Veränderungen seine Genusstauglichkeit stark vermindert ist oder die Genusstauglichkeit infolge von Veränderungen nicht mehr gegeben ist.
3. sensorische, mikrobiologische oder chemische Parameter deutlich anzeigen, dass es unbrauchbar geworden ist.

....die 5 augenfälligsten Verderbserscheinungen:

- Verändertes Aussehen** Verfärbungen, Verschimmelung etc.
- Veränderte Oberfläche** Schleim, Pilzrasen, Hautbildung etc.
- Veränderte Festigkeit** Anormale Textur, Matschigwerden etc.
- Veränderter Geruch** Faulig, hefig, gärig, Gase etc.
- Veränderter Geschmack** Seifig, muffig, sauer, dumpf etc.

Analytisch erfassbare Verderbsanzeichen

Rückstandsgehalt an Fremdstoffen
Giftige Inhaltsstoffe
Bakterientoxine
Hoher mikrobieller Besatz
Proteolyse
Lipolyse
Glykolyse
Pathogene Keime
Verfälschung bzw. Wertminderung
etc.



Ursachen für eine nachteilige Beeinflussung der Lebensmittelqualität

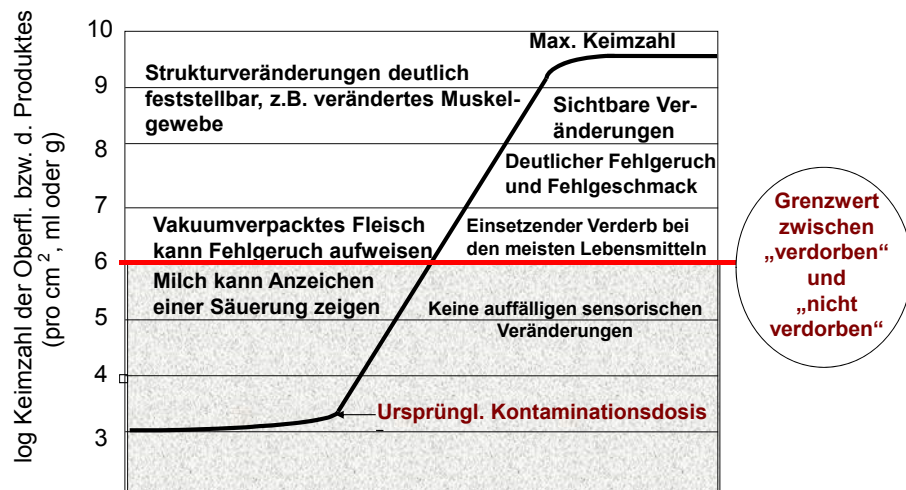
- Mikrobielle Kontamination
- Grobe Verunreinigungen
- Feinverunreinigungen (z.B. durch R +D-Mittel)
- Ungünstige Lagertemperatur
- Feuchtigkeit
- Witterung
- Gase, Aerosole, Rauch, Dämpfe
- Abfälle
- Regenwasser
- Abwasser
- Ungeeignete Behandlungs-/Zubereitungsverfahren
- Zu lange Lagerung
- Ungenügender hygienischer Umgang

Sensorisch wahrnehmbare Verderbsanzeichen

Geruch	Überhitzt, verbrannt
Geschmack	Ausgetrocknet
Farbe	Matschig
Textur	Wasserlässig
Gasbildung	Überreif
Trübung (wenn es klar sein sollte)	Unreif
Verflüssigung	Beschädigt
Säuerung	
Süßgerinnung	
Verschimmelung	
Verhefung	
Schleimbildung	
Fadenziehen	
Grobverunreinigungen	
Ungezieferbefall	
Parasitenbefall	
Madig, Wurm- oder Stichlöcher	
Alt, welk, faulig	



Bakterielles Wachstum und Lebensmittelverderbssymptome



Kontaminations- quellen	ÖKOLOGISCHE VERDERBSFAKTOREN			
	Intrinsic factors Innere Faktoren	Extrinsic factors Äußere Faktoren	Processing factors Verarbeitungsfaktoren	Implicit factors Mikrobiolog. Faktoren
Ubiquitäre Standorte Boden Staub, Luft, Wasser	Physikalische Faktoren Wasseraktivität Säuregrad, pH Pufferkapazität Redoxpotential	Temperatur Feuchtigkeit Atmosphäre	Veränderung der Struktur und Zus.setzung Mahlen, Zerkleinern, Mischen, Kneten, Homogenisieren	Vermehrungs- ansprüche Wachstums- rate
Spezifische Nischen Fabrikationsräume, Werkzeuge, Geräte Maschinen	Chemische Faktoren Nährstoffe, antimikrobielle Substanzen		Haltb.machungs- verfahren Erhitzen, Kühlen, Trocknen, Konserv.Zusätze	Interaktionen Synergien, Antagonismen „Wettbewerb“
Vektoren Personal, (Insekten, Nagetiere)	Biologische Faktoren Struktur Natürl. Barrieren		Verpacken Lagern Transportieren Reinigen, Desinfizieren	

Intrinsic factors

Physikalische Faktoren

Wasseraktivität (aw-Wert)
Säuregrad, pH
Pufferungskapazität
Redoxpotenzial

Chemische Faktoren

Nährstoffe
Antimikrobielle Substanzen

Biologische Faktoren

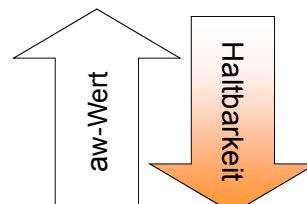
Strukturelle Effekte
Natürliche Barrieren

Wasseraktivität

Intrinsic factors

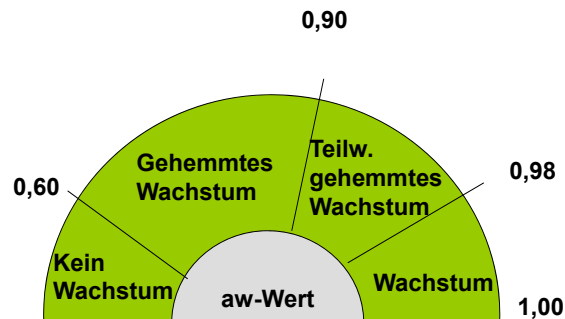
$$\text{aw-Wert} = \frac{\text{Wasserdampfdruck des LM}}{\text{Wasserdampfdruck reinen Wassers bei gleicher Temperatur}}$$

- Maß für das frei verfügbare Wasser
- proportional zur rel. Feuchte der direkt mit dem Produkt in Kontakt stehenden Luft
- Kennzahl für die „Verderblichkeit“ von LM



Zusammenhang zwischen aw-Wert und Mikroorganismenwachstum

Intrinsic factors



Ungebundenes Wasser ist für Mikroorganismen verfügbar

Einflussfaktoren auf den aw-Wert

- Gesamtwassergehalt (Produktfeuchte)
- Art und Menge der darin gelösten Stoffe (Elektrolyte, Säuren, Zucker, lösl. Stickstoffsubstanzen)
- Art und Weise, in der das Wasser im Produkt strukturell gebunden ist (Adsorption an Kohlenhydrate, Eiweiß, Verteilung von Mikrotröpfchen in Emulsionen etc.)

aw-Wertansprüche von Mikroorganismen

	Intrinsic factors
Großteil der bakt. Verderbserreger	0,90
Großteil der Verderbshefen	0,88
Großteil der Verderbsschimmelpilze	0,80
Halophile Bakterien	0,75
Osmophile Hefen	0,61
Xerophile Schimmelpilze	0,61
<u>Ausgewählte Mikroorganismen:</u>	
Pseudomonaden	0,97
E.coli	0,96
Clostridium botulinum	0,94
Staphylococcus aureus	0,86

Feuchtekategorien von Lebensmitteln - Beispiele

aw 0.99-0.95

Sehr feuchte L

- Frische LM (o Konservierung)
- Fleisch, Milch, Eier, Butter, Speck
- Verderb durch gramneg. Bakterien, nicht osmophile Hefen, Schimmelpilze



aw 0.90-0.61

Mittelfeuchte LM:

- Getrocknete, stark gesalzene oder gezuckerte LM
- Hartkäse, Hartwurst, getrockneter Fisch, getr. Früchte, Konfitüren, Kuchen, Reis
- Verderb durch Hefen, Schimmelpilze (osmotolerante bis osmophile Mikroflora)



Intrinsic factors

aw 0.95-0.90

Feuchte LM:

- Konservierte LM (getrocknet, gezuckert, gesalzen)
- Fermentierte LM, Wurst Schinken etc.
- Verderb durch grampos. Bakterien, Hefen und Schimmelpilze



aw < 0.61

Trockene LM:

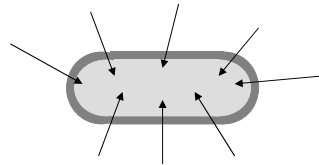
- Intensiv getrocknete LM Pulver, Schokolade, Honig, Getreideprodukte, Kekse
- kein mikrobieller Verderb zu erwarten (außer bei Feuchtigkeitsaufnahme)



Osmotischer Druck und Mikroorganismen

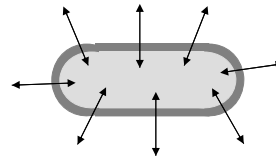
Intrinsic factors

Normale hypotonische Umgebung
(außen niedrigere Konz. als innen)

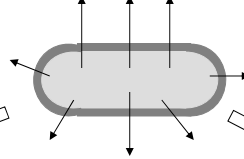


Wassereintritt durch Osmose,
semipermeable Zellmembran,
Stabilisierung durch Zellwand

Isotonische Umgebung
(Gleichgewicht zw. innen und außen)



Hypertonische Umgebung
(außen höhere Konz. als innen)



(mod. n. Garbutt, 1997)

Plasmolyse



Grampositive Bakterien
Hefen
Schimmelpilze

Zellschrumpfung

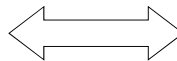


Gramnegative Bakterien

Säuregrad, pH-Wert

Intrinsic factors

Potenzielle Azidität



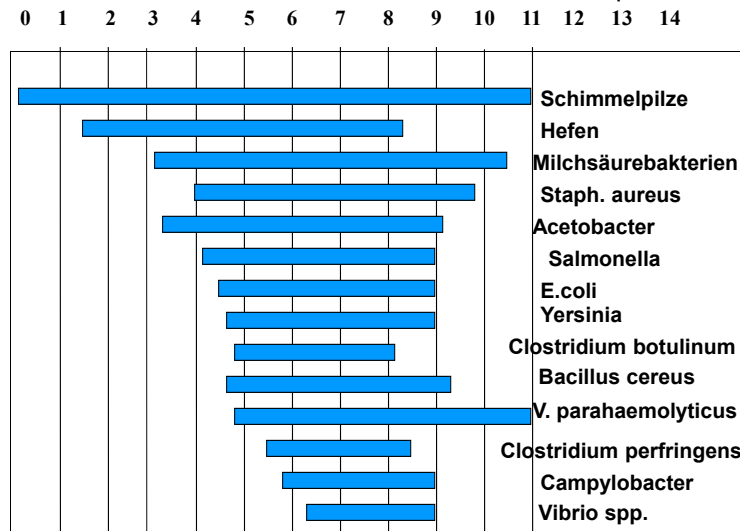
Aktuelle Azidität

Undissoziierter
Anteil bei pH

Organische Säure	pKa- Wert	Undissoziierter Anteil bei pH	
		4	6
Citronensäure	3,14	19	0,006
Ameisensäure	3,75	36	0,6
Milchsäure	3,86	39	0,64
Benzoessäure	4,18	61	1,5
Essigsäure	4,75	85	5,4
Sorbinsäure	4,76	85	5,5
Propionsäure	4,88	88	7,0

pH-abhängige Wachstumsbereiche ausgewählter Mikroorganismen

Intrinsic factors
pH-Bereich



(mod. n. Jay, 1996)

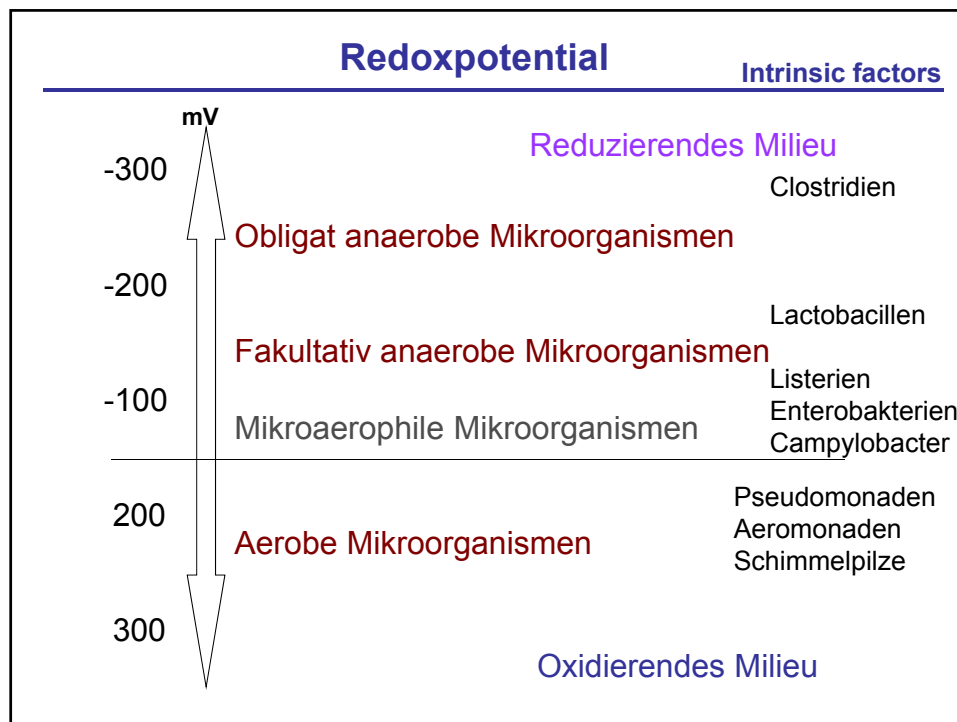
pH-Bereiche ausgewählter Lebensmittel

Intrinsic factors

Spargel	5.7-6.1	Butter	6.2-6.4
Bohnen	4.6-6.5	Milch	6.4-6.6
Karotten	4.9-5.2	Käse	4.5-5.9
Oliven	3.6-3.8	Rindfleisch	5.1-6.2
Spinat	5.5-6.0	Kalbfleisch	5.9-6.2
Tomaten	4.2-4.5	Fisch	6.6-6.8
Äpfel	2.9-3.3	Shrimps	6.8-7.0
Bananen	4.5-4.7		
Melonen	6.3-6.7		
Orangen	3.6-4.2		
Weintrauben	3.4-4.5		

und.. Pufferungs-
kapazität
der Lebensmittel

... "Widerstandsfähigkeit" gegenüber
Säure-/Baseneinflüssen „von außen“



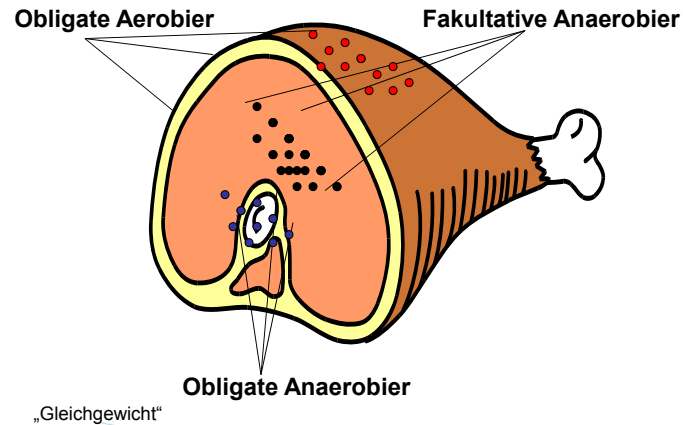
Redoxpotential Intrinsic factors

- Maß für den Grad der Oxidation in einem Lebensmittel
- Charakterisiert die Tendenz eines Produktes, Elektronen aufzunehmen (Reduktion) oder abzugeben (Oxidation)

E_h-Wert

Sauerstoffpartialdruck und mikrobielles Wachstum

Intrinsic factors



„Poising Capacity“

Widerstandsfähigkeit gegenüber Redoxpotentialänderungen

Nährstoffversorgung und mikrobielles Wachstum

Intrinsic factors

➤ **Wasser**
Energiequelle(n)
Stickstoffquelle(n)
Vitamine und Wachstumsfaktoren
Mineralstoffe und Spurenelemente

- Unterschiedliche Ansprüche der Mikroorganismen
- Verfügbarkeit der Nährstoffe
- Nährstoffdichte

Antimikrobielle Substanzen und mikrobielles Wachstum

Intrinsic factors

BEISPIELE

Konservierungsmittel

Kaliumsorbat

Zusatzstoffe

Nitritpökelsalz

Bakteriozine

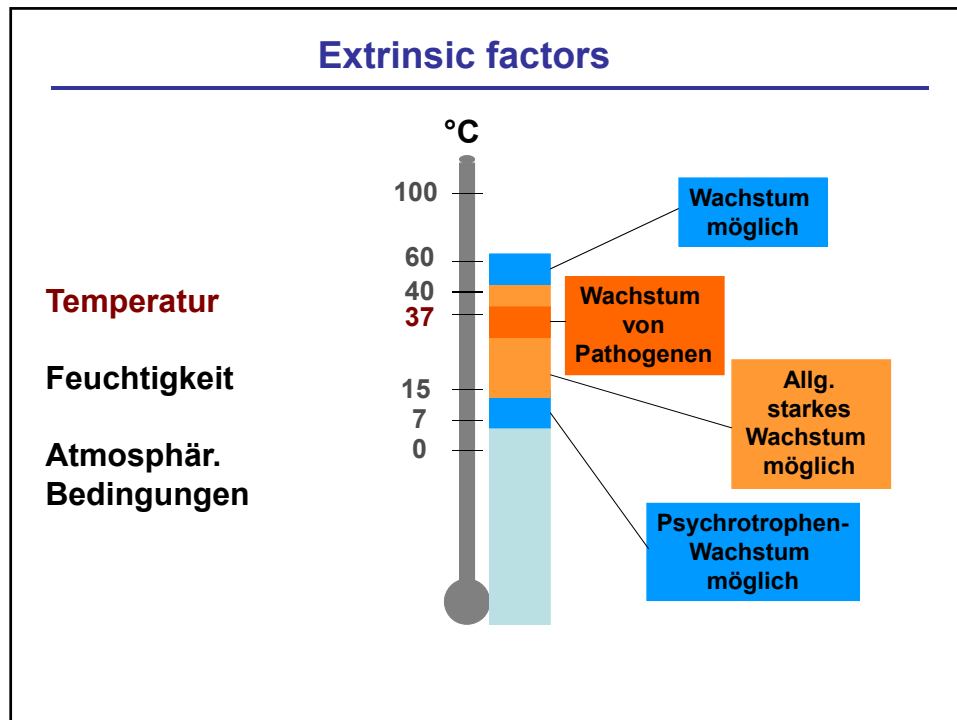
Nisin, ...

Struktur des Lebensmittels

Intrinsic factors

- Beeinflusst Verfügbarkeit von Nährstoffen für den mikrobiellen Verderb (Beispiele: Keratin, Elastin)
- Bindegewebe
- Chitinpanzer bei Krustentieren
- Schalen von Eiern

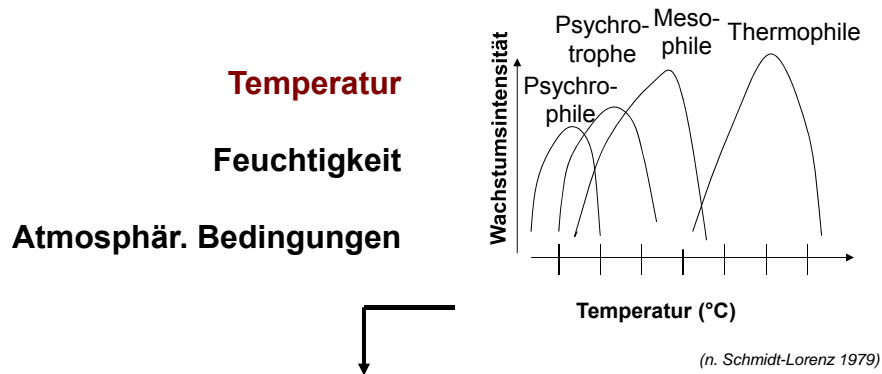




Extrinsic factors

Temperatur	<u>Besonders zu berücksichtigen:</u>
Feuchtigkeit	• (unter Kühlung) Überlebensfähige (Psychrotolerante)
Atmosphär. Bedingungen	• Psychrotrophe • Mesophile • Thermophile • Thermoresistente

Extrinsic factors



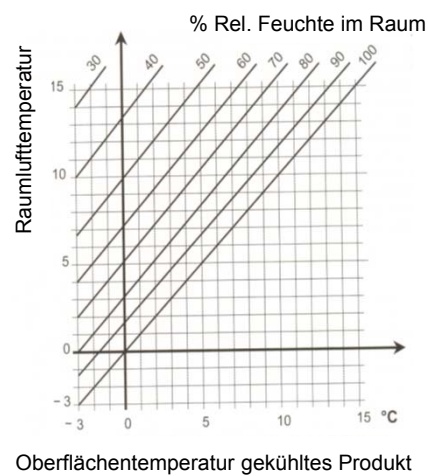
Beachten der Generationszeiten:

(...innerhalb von wenigen Stunden können aus wenigen Zellen mehrere Millionen werden !)

Extrinsic factors

Problematik Kondenswasserbildung

Temperatur ↔ Feuchtigkeit



Bildung von Kondenswasser auf kalten Oberflächen

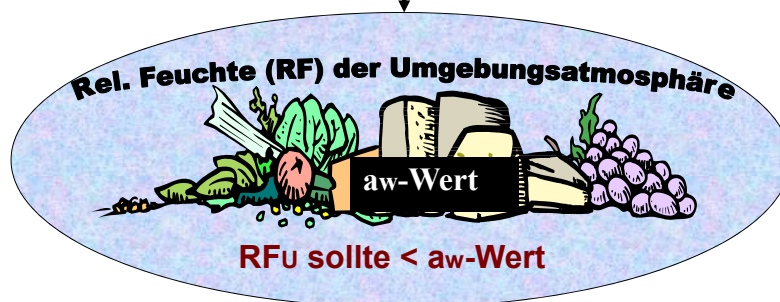
(Sinell, 2004)

Extrinsic factors

Temperatur

Feuchtigkeit

Atmosphär. Bedingungen



Extrinsic factors

Temperatur

Feuchtigkeit

Atmosphär. Bedingungen

„Normale“ Bedingungen
Evakuierung/Stickstoffbegasung
Kontrollierte Atmosphäre/Mod.
Atmosphäre



Processing factors



Veränderung der Struktur und Zusammensetzung

Mahlen,
Zerkleinern,
Mischen, Kneten,
Homogenisieren etc.

Haltbarmachungsverfahren

Erhitzen, Kühlen,
Trocknen, Chemische
Zusätze etc.

Keimwachstum
verhindern

Keimzahl
reduzieren

↓
Effekt ist
abhängig
von Ausgangs-
Keimbelastung

Verpacken
Lagern
Transportieren
Reinigen,
Desinfizieren

Erhitzungsverfahren

Temperaturanwendungen für bestimmte Zeitdauer

Pasteurisierung

- Temperaturbehandlung, bei der Erhitzungstemperatur $<100\text{ °C}$ liegt
- Keine vollständige Inaktivierung von Keimen und Sporen
- Enzyme nur teilweise inaktiviert
- Produkte sind ohne Kühlung nicht haltbar, außer andere Prozessfaktoren (pH, aw) werden angewandt

Beispiele: past. Milch, Orangensaft

Sterilisation

- Temperaturbehandlung, die zur weitgehenden Inaktivierung von Keimen und Sporen führt (Temp. $>100\text{ °C}$)
- Enzyme größtenteils inaktiviert
- Produkte sind langfristig, auch ohne Kühlung, haltbar

Beispiele: UHT-Milch, Vollkonserven

Kennzahlen bei Erhitzungsverfahren

D-Wert	→	Dezimale Reduktionszeit
F-Wert	→	Vergleichswert zum Erhitzungseffekt von 121 °C/ 1 min
z-Wert	→	Wert zur Abschätzung der Auswirkung einer Temperaturerhöhung

Hitzeinaktivierungskinetik – D-Wert

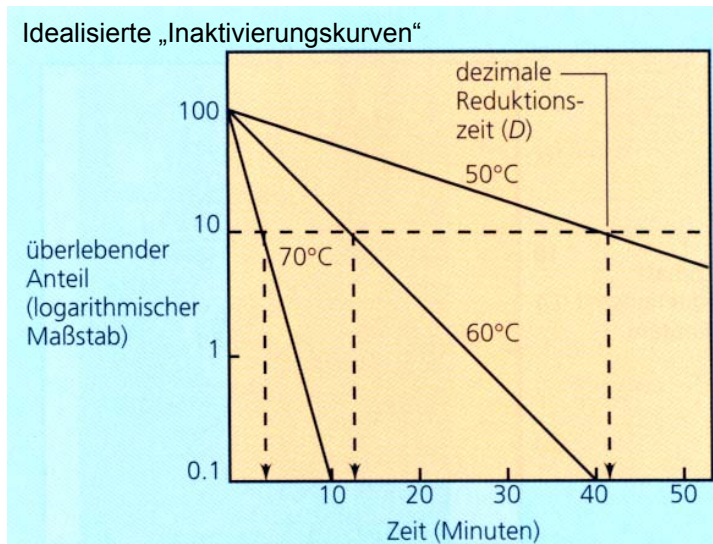
Zeit in Minuten, die bei vorgegebener Temperatur notwendig ist, um die Keimzahl um 90 % (= auf ein Zehntel) zu reduzieren

Einflussgrößen auf den D-Wert:

- „Natur“/Empfindlichkeit/individuelle Resistenz des Mikroorganismus
- Bestimmung des D-Werts aufwändig (mehrere KZ-Bestimmungsansätze)
-Abtötungskurve ist nicht immer eine Gerade

Beispiel: Erhitzung von Traubensaft zur Abtötung von Hefen:
 $D_{75^{\circ}\text{C}} = 25 \text{ sec.}$

Hitzeinaktivierungskinetik



Brock, 2001

Hitzeinaktivierungskinetik – F-Wert

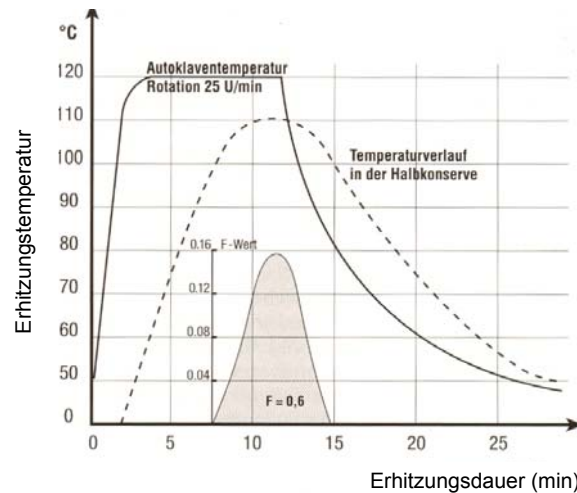
beschreibt den Erhitzungseffekt (d.h. die Keimabtötungsrate), im Vergleich zur Anwendung einer Standardsterilisation von **121 °C/ 1min**

1 F-Wert = 121 °C für 1 min.

F-Werte werden durch Integration der Kerntemperaturkurve gegen die Zeit ermittelt. Hierbei ist der z-Wert des betreffenden „Leitkeims“ von Bedeutung

Graphische Darstellung des F-Werts

Aufzeichnung der Temperaturverhältnisse in einer Halbkonserve



Sinell (2004)

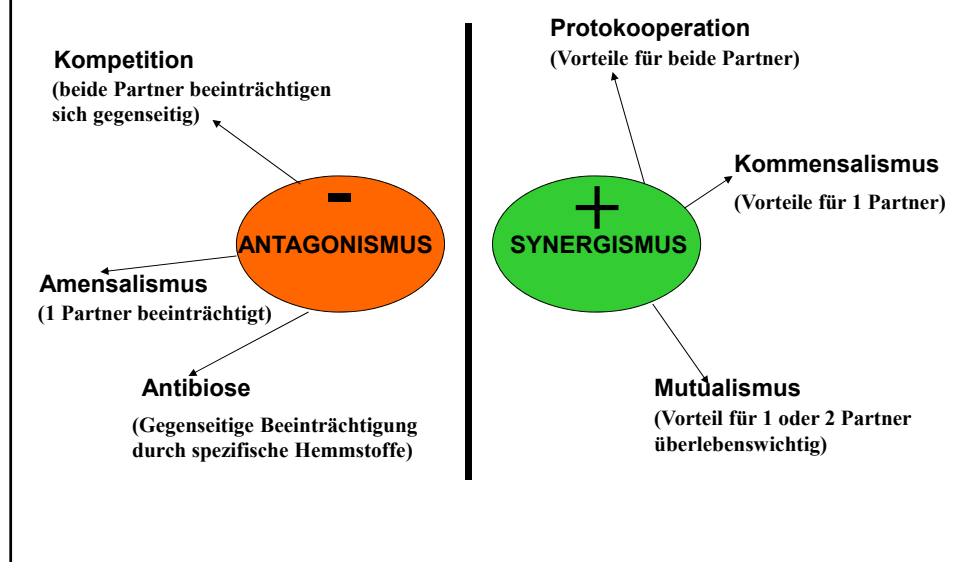
Hitzeinaktivierungskinetik – z-Wert

...jene Temperaturerhöhung in °C, die erforderlich ist, um den D-Wert um eine Zehnerpotenz zu reduzieren

abhängig vom betreffenden Keim („Leitkeim“)

Beispiel: Eine Temperaturerhöhung von 75 °C auf 85 °C (d.h. um 10 °C) bewirkt, dass in einem Traubensaft der D-Wert (hinsichtlich Abtötung von Hefen) von ursprünglich 25 auf 2,5 sec sinkt.

Implicit factors – Interaktionen zwischen Mikroorganismen



Verfahren zur Reduktion der Keimzahl (Entkeimung)

Processing factors

- **Erhitzen**
 - Thermisieren
 - Pasteurisieren
 - Sterilisieren
- **Bestrahlen**
 - Ionisierende Strahlen
 - UV-Bestrahlung
 - Gepulstes Licht
- **Begasen**
- **Hochdruckbehandlung (Pascalisation)**
- **Mechanische Entkeimung**
 - Filtration
 - Zentrifugation
- **Kombinierte Verfahren**

s.a. Vorlesung
„Lebensmitteltechnolog. Grundverfahren“

Verfahren zur Verhinderung der Keimwachstums

Processing factors

- Kühlen
- Tiefkühlen
- Gefrieren
- Trocknen
- Zuckern
- Salzen
- Schaffung spezieller atmosphär. Bedingungen
- Konservierungsmittelzusatz

Höchsttemperaturen für kühlbedürftige Lebensmittel

	Max. Temp. °C
Butter	10
Friskäse	10
Past. Milch	8
Frischfleisch	7
Geflügel	4
Wild	7
Faschiertes	2
Frischer Fisch	Schmelz. Eis (< 2°C)
Hühnereier	8
Verderbl. Backwaren	7

Quelle: BgVV, 1999

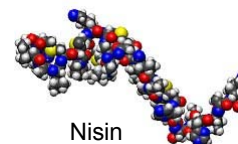
Durchschnittliche Lagerfristen von Lebensmitteln bei optimalen Temperaturen (Orientierungswerte)

	Haltbarkeit	Temp.
Faschiertes	12 h	0-4 °C
Rindfleisch (verpackt)	2-3 d	0-2 °C
Schweinefleisch (zerlegt)	5-8 d	0-2 °C
Rohwurst	2-3 Mo	12-15°C
Brühwurst (verpackt, ganz)	2-3 Wo	4-6 °C
Frischfisch	24 bis 48 h	0-2 °C
Gemüsesalate	2-3 d	4-6 °C
Eier	3-6 Wo	8-10 °C
Ölsardinen	2-4 a	18-20°C
Vollkonserven	1-2 a	18-20°C

n. Sinell, 2004

Implicit factors

- Individuelle, Gattungs-/Species-spezifische Eigenschaften
- Unterschiedliche, z.T. hohe Hitzeresistenz mikrobieller Enzyme
- Bildung spezieller Metabolite, Schutzkultureneffekt
 - Organische Säuren (s. „pKa-“, „pH-Effekt“)
 - Bakteriozine
 - Wasserstoffperoxid (Spuren)
 - Aromastoffe
- Kompetitive Effekte
 - unterschiedliche Nährstoffverwertung
 - unterschiedliche Kolonisationseigenschaften



Verfahren zur Verhinderung des mikrobiellen Lebensmittelverderbs - allg. Übersicht

CHEMISCHE	BIOLOGISCHE	PHYSIKALISCHE	KOMBINIERTE
Säuern	Fermentation bzw. „Gärung“	Erhitzen	„Hurdle technology“
Räuchern	Schutzkulturen	Kühlen Tiefkühlen	
Pökeln		Bestrahlen	
Konservierungs- stoffzusatz		Pulsed-Light-Behandlung	
Salzen		Trocknen, Konzentrieren	
Zuckern		Schutzgasverpackung	
	Hochdruckbehandlung		
		Magnetfeldbehandlung	

Bestrahlung von Lebensmitteln

- Anwendung energiereicher Strahlen (Gamma-/ionisierende und Röntgenstrahlung)
- Abtötung von Mikroorganismen, tierischen Schädlingen (Insekten, Maden)
- Verhinderung der Auskeimung bzw. Sprossung (Kartoffeln, Zwiebeln, Knoblauch)
- Lebensmittel werden nicht radioaktiv (kein Kontakt mit Strahlungsquelle)
- Einheit der Bestrahlungsdosis: Gy, kGy
- Situation in EU noch nicht harmonisiert
- In Ö: Lebensmittelbestrahlung verboten, in DE: Bestrahlung nur bei getrockneten Kräutern und Gewürzen erlaubt
- In der EU: Bestrahlung nur in zugelassenen Anlagen erlaubt
- Kennzeichnung bei bestrahlten LM
- BE, FR, IT, NL, UK breitere Erlaubnis für LM-Bestrahlung

Bestrahlung von Lebensmitteln

Forts.

- bisher kein Hinweis auf gesundheitsschädlichen Effekt durch bestrahlte LM
- Bestrahlung darf keineswegs nachlässige Hygienesituationen verdecken
- Nachweis der Bestrahlung:
 - ESR-Spektroskopie
 - GC-MS auf Markersubstanzen
 - Thermolumineszenzverfahren
- Nicht alle LM für Bestrahlung geeignet (sensorische Effekte, Vitamineinbußen)

Anwendung energieärmerer Strahlung

- UV-Bestrahlung von Wein, Trinkwasser (Entkeimung, 254 nm)

Hürdenprinzip der Haltbarmachung von Lebensmitteln

Gezielte Kombination verschiedener Verfahren und Faktoren zur Stabilisierung bzw. Konservierung bzw. Entkeimung von Lebensmitteln

